

PLASMA PROCESS DEVICE, ELECTRODE STRUCTURE THEREOF, AND STAGE STRUCTURE

Patent Number: EP1205964
 Publication date: 2002-05-15
 Inventor(s): AMANO HIDEAKI (JP); KOMINO MITSUAKI (JP); SASAKI YASU HARU (JP); TSUBOI KYO (JP)
 Applicant(s): TOKYO ELECTRON LTD (JP)
 Requested Patent: WO0079575
 Application Number: EP20000937315 20000620
 Priority Number(s): WO2000JP04011 20000620; JP19990173613 19990621; JP20000168297 20000605
 IPC Classification: H01L21/205; H01L21/31; H01L21/3065; C23C16/505
 EC Classification: C23C16/46; H01L21/00S2H4
 Equivalents: JP2001068538, TW483087
 Cited Documents:

Abstract

An electrode structure used in a plasma processing apparatus which performs a predetermined process on an object (W) to be processed by using a plasma in a process chamber (26) in which a vacuum can be formed. An electrode unit (38) has a heater unit (44) therein. A cooling block (40) having a cooling jacket (58) is joined to the electrode unit (38) so as to cool the electrode unit. A heat resistant metal seal member (66A, 66B) seals an electrode-side heat transfer space (62, 64) formed between the electrode unit and the cooling block. Electrode-side heat transfer gas supply means (94) supplies a heat transfer gas to the electrode-side heat transfer space. Accordingly, a sealing characteristic of the electrode-side heat transfer space does not deteriorate even in a high temperature range such as a temperature higher than 200 DEG C

and, for example, a range from 350 DEG C to 500 DEG C, and the heat transfer gas does not leak.



Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

Description

TECHNICAL FIELD

[0001] The present invention relates to a processing apparatus such as a plasma processing apparatus and, more particularly, to a structure of an electrode and a structure of a placement table that are suitable for the plasma processing apparatus.

BACKGROUND ART

[0002] Generally, in a manufacturing process of a semiconductor integrated circuit, various processes, such as a film deposition process, an etching process or an oxidation-diffusion process, are repeatedly performed with respect to a semiconductor wafer, which is an object to be processed. In such kinds of processes, in a case in which there is no element or arrangement or member that receives a thermal damage in a wafer such as a case in which an oxidation film is deposited on a bare wafer, there is no

THIS PAGE BLANK (USPTO)

problem if a heat treatment is performed at a high temperature of, for example, 800 DEG C to 900 DEG C. However, for example, when an interlayer insulating film or the like is formed to make a circuit element to be multilayer, there is a problem in that a circuit element or structure is damaged if a wafer is heated to a high temperature of 800 DEG C to 900 DEG C as mentioned above. In order to solve such a problem, a CVD (chemical vapor deposition) is performed by using a plasma at a temperature in a low-temperature range such as, for example, 300 DEG C which is not so high.

[0003] FIG. 1 is an illustration of a structure of a conventional apparatus that performs the above-mentioned plasma CVD. First, a lower electrode unit 4, which also serves as a placement table, is situated in a process chamber 2 in which a vacuum can be created. A heater unit 6 such as a sheath heater is embedded in the lower electrode unit 4 in an insulated state. Specifically, the above-mentioned heater unit 6 is embedded by being cast into an aluminum material or the like. Additionally, an electrostatic chuck 8, which is made of ceramics, is provided on an upper surface of the lower electrode unit 4, which is made of aluminum, by being bonded by brazing and the like, the electrostatic chuck being formed by embedding an electrostatic chuck electrode in a ceramics material. The semiconductor wafer W is held on the electrostatic chuck 8 by an electrostatic attracting force.

[0004] Additionally, a cooling block 12 having a cooling jacket 10 therein is provided in a lower portion of the above-mentioned lower electrode unit 4. The wafer W is maintained at an optimum temperature by controlling the above-mentioned cooling jacket 10 and the heater unit 6.

[0005] Since a heat transfer space 14, which is a small gap, is formed between the lower electrode unit 4 which decreases the heat transfer efficiency, an attempt is made to improve the efficiency of heat transfer by sealing the heat transfer space 14 by a seal member 16 such as an O-ring and introducing a heat-transfer gas, which is an inert gas such as Ar gas, He gas or nitrogen gas.

[0006] Additionally, An upper electrode unit 18 is provided on the ceiling of the process chamber 2, the upper electrode unit being positioned to face the above-mentioned lower electrode unit 4. A heater unit 20 such as a sheath heater is also embedded in the upper electrode unit 18 by being cast into an aluminum material or the like. Additionally, a high-frequency source 22 is connected to the upper electrode unit 18 so as to apply a high-frequency voltage for generating a plasma, and a predetermined process is applied to the wafer W by generating a plasma between the upper electrode unit 18 and the lower electrode unit 4.

[0007] In a case in which a process temperature of the semiconductor wafer is relatively low, for example, when the process temperature is lower than about 200 DEG C, an influence of the process temperature to a member provided in the process chamber 2 is not large. However, in order to increase a film deposition rate or improve a film quality in a film deposition process for example, there is a case in which the process temperature is increased to a temperature greater than 200 DEG C, that is, a temperature ranging from 350 DEG C to 500 DEG C in a range in which an element or a construction in a lower layer is not damaged.

[0008] In such a high temperature range, there is a problem in that a sealed gas leaks due to deterioration of the sealing characteristic of the sealing member 16 such as an O-ring sealing the heat transfer space 14 due to a thermal degradation. If the sealing characteristic of the sealing member 16 is deteriorated, the inert gas sealed in the heat transfer space 14 flows out, which results in deterioration of the efficiency of heat transfer. As a result, the accuracy of control of the temperature of the wafer W may be decreased, or a film deposition gas in the process chamber 2 may be diluted by the heat transfer gas, for example, in a film deposition process. In order to prevent such as problem, a flow rate of the film deposition gas must be increased more than a stoichiometric ratio, and, thus, there is a problem in that consumption of the film deposition gas is increased.

[0009] Additionally, since a pressure sensor cannot be provided to the heat-transfer space 14, which is heated to a high temperature, a pressure of the heat-transfer gas supply to the heat transfer space 14 is monitored by a supply source so as to control the supply pressure to become appropriate. However, in such a structure, a pressure in the area to be controlled is not directly detected, the controllability of the gas pressure must be deteriorated.

[0010] It should be noted that the present inventor suggested, in Japanese Laid-Open Patent Application No. 6-232082, a sealing structure for performing a process in a low-temperature state, which is a sealing structure under an ultra low-temperature environment such as a cooling device, which performs cooling by

THIS PAGE BLANK (USPTO)

using liquefied nitrogen.

DISCLOSURE OF THE INVENTION

[0011] It is an object of the present invention to provide an improved and useful plasma processing apparatus in which the above-mentioned problems are eliminated.

[0012] A more specific object of the present invention is to provide an electrode structure and a placement table structure of a plasma processing apparatus in which a seal characteristic is not deteriorated in a high-temperature range exceeding 200 DEG C, which results in less leakage of a heat transfer gas.

[0013] Another object of the present invention is to provide an electrode structure and a placement table structure of a plasma processing apparatus which prevents a deformation of an insulating member provided therein and enables a uniform contact with a member to be contacted, thereby improving the uniformity of a temperature distribution in a surface of an object to be processed.

[0014] Additionally, another object of the present invention is to provide an electrode structure and a placement table structure of a plasma processing apparatus which can remarkably suppress generation of a leak paths by forming a soft metal film or soft metal layer, which is made of a low melting point material and is softened at a process temperature, on a surface of a heat resistant metal seal member or a contact surface of a member to which the seal member contacts.

[0015] Additionally, another object of the present invention is to provide an electrode structure and a placement table structure of a plasma processing apparatus, which enables an improvement in a corrosion resistance with respect to a fluoride gas by forming a fluoride passivation film on an entire exposed surface of the heat resistant metal seal member.

[0016] Additionally, another object of the present invention is to provide an electrode structure and a placement table structure of a plasma processing apparatus which enables an improvement in the temperature controllability of an object to be processed by setting the surface roughness of a member defining a heat transfer space to be less than a predetermined value so as to improve the coefficient of heat transfer.

[0017] Additionally, another object of the present invention is to provide an electrode structure and a placement table structure of a plasma processing apparatus which enables an improvement in uniformity of a temperature distribution in a surface of an object to be processed by promoting a release of heat from the electrode or the central portion of a placement table that tend to be at a high temperature by a blower or by cooling a column supporting the placement table.

[0018] In order to achieve the above-mentioned objects, there is provided according to the present invention an electrode structure used in a plasma processing apparatus which performs a predetermined process on an object to be processed by using a plasma in a process chamber in which a vacuum can be formed, the electrode structure is characterized by comprising an electrode unit having a heater unit therein; a cooling block joined to the electrode unit and having a cooling jacket which cools the electrode unit; a heat resistant metal seal member for sealing an electrode-side heat transfer space formed between the electrode unit and the cooling block; and electrode-side heat transfer gas supply means for supplying a heat transfer gas to the electrode-side heat transfer space.

[0019] As mentioned above, by using the heat resistant metal seal member, a high sealing effect for the electrode-side heat transfer space can be maintained in a high temperature range such as a temperature higher than 200 DEG C and, for example, a range from 350 DEG C to 500 DEG C.

[0020] Additionally, there is provided according to another aspect of the present invention an electrode structure used in a plasma processing apparatus which performs a predetermined process on an object to be processed by using a plasma in a process chamber in which a vacuum can be formed, the electrode structure is characterized by comprising: an electrode unit having a heater unit therein; a cooling block joined to the electrode unit and having a cooling jacket which cools the electrode unit; a labyrinth heat transfer space formed by a concentric or spiral groove provided on at least one of opposite surfaces of the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

electrode unit and the cooling block; and electrode-side heat transfer gas supply means for supplying a heat transfer gas to the labyrinth heat transfer space.

[0021] As mentioned above, by providing the labyrinth heat transfer space between the joining surfaces of the electrode unit and the cooling block, a high sealing effect for the heat transfer space formed between said electrode unit and said cooling block can be maintained in a high temperature range such as a temperature higher than 200 DEG C and, for example, a range from 350 DEG C to 500 DEG C.

[0022] Additionally, an insulating member may be provided between the electrode unit and the cooling block, and the heat transfer space may be divided into an upper space and a lower space by the insulating member. In such a case, since both the upper space and the lower space are sealed by the heat transfer metal seal member, a high sealing effect at a high temperature range can be maintained.

[0023] The insulating member may be made of a material having a coefficient of thermal conductivity of more than 80 W/mK. Accordingly, an amount of warp of the insulating member can be suppressed. As a result, the insulating member equally contact a member to be contacted, thereby enabling an improvement of uniformity of a temperature distribution in a surface of the object to be processed. The insulating member may be made of aluminum nitride (AlN).

[0024] Additionally, a contact rate of joining surfaces of members, which are joined to define the heat transfer space, may be set to fall within a range from 40% to 80%. According to this, the uniformity of a temperature distribution in a surface of the object to be processed can be further improved since the heat transfer gas can flow substantially uniformly within the surface without excessively increasing the heat resistance.

[0025] Further, a surface roughness of a member defining the heat transfer space may be set smaller than 2.0 μm . A thermal conductivity can be improved by controlling the surface roughness of the member defining the heat transfer space to be smaller than a predetermined value. Additionally, an improvement of controllability of the temperature of the object to be processed can be achieved.

[0026] Additionally, the heat resistant metal seal member may be a heat resistant metal film having a ring-like cross section, a low melting point material being confined in the metal film. Thereby, traceability of the surface of the seal member is increased, which enables a further improvement of the sealing characteristic. The surface of the heat resistant metal seal member may be covered by a soft metal film made of a low melting point material, which is softened at a process temperature of the object to be processed. According to this, the low melting point material is softened when being processed and a cut in the surface which contacts the seal member is filled by the softened material which eliminates a leak path, thereby enabling prevention of the heat transfer gas from leaking through the cut.

[0027] Additionally, the surface of the member contacting the heat resistant metal seal member may be covered by a soft metal layer made of a low melting point material, which is softened at a process temperature of the object to be processed. Also in this case, the low melting point material is softened when being processed and a cut in the surface which contacts the seal member is filled by the softened material which eliminates a leak path, thereby enabling prevention of the heat transfer gas from leaking through the cut.

[0028] Additionally, the surface of the heat resistant metal seal member may be covered by a fluoride passivation film having a corrosion resistance with respect a fluoride gas. This enables an improvement of the corrosion resistance with respect to the fluoride gas. The fluoride passivation film may be made of fluoride nickel.

[0029] The heater unit may be divided into concentric zones, and the divided zones may be controllable on an individual basis.

[0030] The electrode unit may be an upper electrode unit positioned above the object to be processed.

[0031] Additionally, the electrode unit may be a lower electrode unit which also serves as a placement table on which the object to be processed is placed, and the electrode structure may further comprise an electrostatic chuck which is joined to an upper surface of the lower electrode unit so as to attract the object to be processed and chuck-side heat transfer gas supply means for supplying a heat transfer gas to a

THIS PAGE BLANK (USPTO)

chuck-side heat transfer space formed between the electrostatic chuck and the object to be processed.

[0032] Additionally, at least one of the electrode-side heat transfer space, the labyrinth heat transfer space and the chuck-side heat transfer space may be provided with a heat resistant pressure sensor, and an amount of gas supplied by the corresponding heat transfer gas supply means may be controlled based on an output of the heat resistant pressure sensor. According to this, the controllability of the gas pressure can be improved since the gas pressure in the space to be controlled is measured by the heat resistant pressure sensor.

[0033] Additionally, the center of the electrode unit may be held by a hollow column, and gas blower means may be provided in the column for promoting a release of heat by blowing a gas toward the center of a back surface of the electrode unit. According to this, the uniformity of the temperature distribution in the surface of the object to be processed can be improved since a release of heat from the center portion of the placement table, which tends to be a high temperature, can be promoted.

[0034] Additionally, the center of the electrode unit may be held by a column, and the column may be connected to the cooling block via a heat conductive member. In this case, the uniformity of the temperature distribution in the surface of the object to be processed can also be improved since a release of heat from the center portion of the placement table can be promoted.

[0035] Additionally, there is provided according to another aspect of the present invention a placement table structure used for a processing apparatus performing a predetermined process on an object to be processed in a process chamber in which a vacuum can be formed, the placement table structure is characterized by comprising: a placement table having a heater unit therein so as to heat the object to be processed; a cooling block joined to the placement table and having a cooling jacket which cools the placement table; a heat resistant metal seal member for sealing a heat transfer space formed between the placement table and the cooling block; and heat transfer gas supply means for supplying a heat transfer gas to the heat transfer space.

[0036] Accordingly, by using the heat resistant metal seal member, the sealing characteristic of the heat transfer space can be maintained high even in a high temperature range, for example, from 350 DEG C to 500 DEG C, which is higher than 200 DEG C.

[0037] Additionally, there is provided according to another aspect of the present invention a placement table structure used for a processing apparatus performing a predetermined process on an object to be processed in a process chamber in which a vacuum can be formed, the placement table structure is characterized by comprising: a placement table having a heater unit therein so as to heat the object to be processed; a cooling block joined to the placement table and having a cooling jacket which cools the placement table; a labyrinth heat transfer space formed by a concentric or spiral groove provided on at least one of opposite surfaces of the placement table and the cooling block; and heat transfer gas supply means for supplying a heat transfer gas to the labyrinth heat transfer space.

[0038] Accordingly, by providing the labyrinth heat transfer space between the contacting surfaces of the placement table and the cooling block, the sealing characteristic of the heat transfer space formed between the placement table and the cooling block can be maintained high even in a high temperature range, for example, from 350 DEG C to 500 DEG C, which is higher than 200 DEG C.

[0039] Additionally, there is provided according to another aspect of the present invention a plasma processing apparatus characterized by comprising: a process chamber in which a vacuum can be formed; an electrode structure according to the above-mentioned present invention; and a high-frequency source applying a high-frequency voltage to the electrode structure.

[0040] Further, there is provided according to another aspect of the present invention a processing apparatus characterized by comprising: a process chamber in which a vacuum can be formed; and a placement table structure according to the present invention.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 1 is a structural view of a conventional plasma CVD processing apparatus.

FIG. 2 is a structural view of a plasma processing apparatus according an embodiment of the present invention.

FIGS. 3A through 3E are cross-sectional views of heat resistant metal seal members.

FIG. 4 is a view showing a heat-transfer gas supply system of an embodiment of an electrode structure (lower electrode unit side) according to the present invention.

FIG. 5 is a view of a structure of a heat resistant pressure sensor.

FIG. 6 is an illustration showing a heat transfer gas supply system of an embodiment of an electrode structure (upper electrode unit side) according to the present invention.

FIG. 7 is an illustration for explaining a warp caused by a temperature difference of an insulating member.

FIG. 8 is a graph showing a relationship between the coefficient of thermal conductivity and an amount of warp.

FIGS. 9A through 9D are views for explaining a rate of contact when gas grooves having various widths are provided on a contact surface of a member.

FIG. 10 is a graph showing a relation ship between a contact rate and each of a thermal resistance and the dispersion in a temperature distribution.

FIG. 11 is an illustration of a heat transfer space formed between the lower surface of a lower electrode unit and the upper surface of an upper electrode unit.

FIG. 12 is an illustration of the electrode structure shown in FIG. 2.

FIG. 13 is a graph showing a relationship between the surface roughness Ra of the insulating member and a thermal resistance.

FIG. 14 is an illustration of the lower surface of a mirror finished electrode unit and the upper surface of the insulating member.

FIG. 15A is a view showing a state in which a soft metal film is formed on the surface of the heat resistant metal seal member, and FIG. 15B is a view showing a state in which the soft metal film is softened in the state shown in FIG. 15A.

FIG. 16A is a view showing a state in which a soft metal film is formed on the surface of the member contacting the heat resistant metal seal member, and FIG. 16B is a view showing a state in which the soft metal film is softened in the state shown in FIG. 16A.

FIGS. 17A and 17B are views showing a state in which a fluoride passivation film is formed on the surface of the heat resistant metal seal member.

FIG. 18 is a view showing a state in which a gas blower means is provided to a support column.

FIG. 19 is a graph showing a temperature distribution in a surface of a semiconductor wafer.

FIG. 20 is a view showing a state in which a column and a cooling block are connected to each other by a thermal conductive member.

FIG. 21 is a plane view of a variation of a groove of the lower electrode unit.

FIGS. 22A and 22B are enlarged cross-sectional view showing a labyrinth heat transfer space.

FIG. 23 is a view showing a variation of a heater unit.

FIG. 24 is a structural view of a thermal CVD processing apparatus according to the present invention.

BEST MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION

[0042] A description will be given below, with reference to the drawings, of a plasma processing apparatus according to an embodiment of the present invention.

[0043] FIG. 2 is structural view of a plasma processing apparatus according to an embodiment of the present invention. FIGS. 3A through 3E are cross-sectional views of heat resistant metal seal members. FIG. 4 is a view showing a heat-transfer gas supply system of the embodiment of an electrode structure (lower electrode unit side) according to the present invention. FIG. 5 is an illustrative view of a structure of a heat resistant pressure sensor. FIG. 6 is an illustration showing a heat transfer gas supply system of the embodiment of the electrode structure (upper electrode unit side) according to the present invention.

[0044] As shown in the figures, the plasma processing apparatus 24 has, for example, an aluminum made cylindrical process chamber 26. On the bottom side of the process chamber, there is provided a lower electrode structure 28, which also serves as a placement table on which a semiconductor wafer W as an object to be processed is placed. An upper electrode structure 30 is provided on a ceiling part of the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

process chamber 24.

[0045] On the side of the process chamber 26, there are provided a gate valve 32, which is opened and closed when the semiconductor wafer is transported into or out of the process chamber 26, and a gas nozzle for introducing various gases of process gasses such as silane or oxygen. It should be noted that, instead of the gas nozzle 34, a showerhead made of quartz may be provided on a lower surface of the upper electrode structure 30.

[0046] On the lower sidewall of the process chamber 26, there is an exhaust port 36 connected to a vacuum exhaust system including a vacuum pump, which is not shown in the figures so that a vacuum can be formed in the process chamber 26.

[0047] The above-mentioned lower electrode structure 28 comprises: a lower electrode unit 38 which also serves as a placement table; a cooling block 40 positioned under the lower electrode unit 38; and a lower insulating member 42 which electrically insulates the lower electrode unit 38 and the cooling block 40 from each other by being inserted therebetween. Specifically, the above-mentioned lower electrode unit 38 is made of aluminum.

[0048] A sheath heater (heating heater) 44, which is wound in a spiral shape or a concentric shape, is embedded inside the lower electrode unit 38 by being cast therein so that the wafer W can be heated. Additionally, a ceramic made electrostatic chuck 46, in which a chuck electrode is embedded, is joined to an upper surface of the lower electrode unit 38 by brazing or the like. The wafer W, which is an object to be processed, is attracted by and held on the electrostatic chuck 46. A column 48, which extends under the lower electrode unit 38, goes through the bottom 50 of the chamber. A matching circuit 54 and a high-frequency source 56 for biasing are connected to the column 48 via lead line 52. A lifting mechanism (not shown in the figures) is mounted to the column so as to move the column 48 up and down.

[0049] Similar to the above-mentioned lower electrode unit 38, the cooling block 40 is made of aluminum, and a hollow ring-like cooling jacket 58 is formed in the cooling block 40 so as to flow a coolant therethrough. The wafer W is cooled via the above-mentioned lower electrode unit 38 by flowing a coolant through the cooling jacket 58. Practically, the wafer temperature is controlled to an appropriate value by selectively or simultaneously driving the cooling jacket 58 and the heater unit 44. The lower surface of the cooling block 40 and the bottom 50 of the chamber are joined by an extendible bellows 60 so as to allow an up and down movement with respect to the lower electrode structure 28 while maintaining airtightness of the process chamber 26.

[0050] Additionally, a lower insulating member 42 interposed between the lower electrode unit 38 and the cooling block 40 is made of a ring-like quartz glass having a thickness of about 20 mm. The lower insulating member 42 covers a circumference of the column 48 extending from the above-mentioned lower electrode unit 38 so as to insulate also the column 48.

[0051] The lower electrode 38 and the lower insulating member 42 are joined in an upside and downside arrangement, and the lower insulating member 42 and the cooling block 42 are also joined in an upside and downside arrangement. An upper electrode-side heat transfer space (upper space) 62 and a lower electrode-side heat transfer space (lower space) 64, each of which is a small gap space, are formed between these members, respectively. The presence of these heat transfer spaces 62 and 64 decreases a heat transfer efficiency in a vertical direction due to both the heat transfer spaces being set to a vacuum state since both the heat transfer spaces 62 and 64 communicate with the process chamber 26. Accordingly, ring-like heat resistant metal seal members 66A, 66B, 68A and 68B are interposed between the heat transfer spaces 62 and 64 in an inner side and an outer side, respectively, so as to maintain the sealing characteristic of both the heat transfer spaces 62 and 64 high. Further, since a slight leakage of the gas cannot be avoided even if the sealing characteristic of both the heat transfer spaces 62 and 64 is maintained high, gas supply passages 70 and 72 are connected to the heat transfer spaces 62 and 64, respectively, so that a pressure controlled heat transfer gas comprising an inert gas such as Ar, He or N₂ is supplied thereto.

[0052] Additionally, for the same reason as mentioned above, two gas supply passages 76 and 78 are provided to the chuck-side heat transfer space 74 formed between the upper surface of the electrostatic chuck 46 and the back surface of the wafer W so as to increase the efficiency of heat transfer from each of the lower electrode unit 38 and the electrostatic chuck 46 to the wafer W during the plasma processing. In

THIS PAGE BLANK (USPTO)

this case, for example, the gas supply passage 76 is used for supplying the gas to the center portion of the electrostatic chuck 46 since the gas diffusion rate in the chuck-side heat transfer space 74 is small, and the gas supply passage 78 is used for supplying the gas to a peripheral portion of the electrostatic chuck 46. It should be noted that the mode of supplying the gas to the chuck-side heat transfer space 74 is not limited to this.

[0053] A description will now be given, with reference to FIGS. 3A through 3E, of a structure of each of the heat resistant metal seal members 66A, 66B, 68A and 68B. Since each of the heat resistant metal seal members 66A, 66B, 68A and 68B is the same, the seal member 66A is explained as an example.

[0054] The heat resistant metal seal member 66A shown in FIG. 3A is constituted by forming a thin heat resistant metal film 79 in a ring-like shape having a circular cross section, the heat resistant metal film being formed of a metal such as a stainless steel, Inconel (trade name) or Hastelloy (trade name) having a thickness ranging from 0.1 mm to 1.0 mm. The diameter L1 of the cross section is about 3 mm to 4 mm so as to provide an elasticity against a pressing force.

[0055] A heat resistant metal seal member 66A-1 shown in FIG. 3B is the heat resistant metal film 79 shown in FIG. 3A provided with a slit 80 on a side surface viewed in the cross section thereof. The slit 80 is formed to extend in a circumferential direction of the ring-like seal member 66A-1 so as to provide elasticity to the seal member 66A-1.

[0056] A heat resistant metal seal member 66A-2 shown in FIG. 3C is formed by inserting a coil-like or platelike spring member 82, which is made of a spring stainless steel or the like, into an inner space of the heat resistant metal film 79 shown in FIG. 3B. The seal characteristic is improved by increasing a spring force by the spring member 82 when being pressed.

[0057] A heat resistant metal seal member 66A-3 shown in FIG. 3D improves traceability of a surface by confining a low melting point material 84 inside the heat resistant metal film 79 having a circular cross section shown in FIG. 3A, the low melting point material melting at a temperature lower than a process temperature. As for the low melting point material 84, indium having a melting point of about 156.4 DEG C or a solder having a melting point of about 150 DEG C may be used. In such a case, the metal film 79 is made very thin, such as a thickness ranging from 1.0 μm to 500 μm , so as to put an importance to the traceability rather than elasticity.

[0058] A heat resistant metal seal member 66A-4 shown in FIG. 3E corresponds to the heat resistant metal film 79 having a cross section provided with the slit 80 as shown in FIG. 3B further provided with an inward bent portion so as to improve the seal characteristic by increasing elasticity. As for the heat resistant metal seal members 66A to 68B, any one of the above-mentioned structures may be used.

[0059] A description will now be given, with reference to FIG. 4, of the supply system of the heat transfer gas to the electrode-side heat transfer spaces 62 and 64 and the chuck-side heat transfer space 74. As shown in FIG. 4, each of the gas supply passages 70, 72, 76 and 78 connected to the respective electrode-side heat transfer spaces 62 and 64 and the chuck-side heat transfer space 74 is provided with respective one of the flow control devices 88A to 88D such as mass flow controllers. Each of the gas supply passages 70, 72, 76 and 78 is connected to N2 gas sources 90 and 92 which are sources of the heat transfer gas, which constitute the electrode-side heat transfer gas supply means 94 and the chuck-side heat transfer gas supply means 96. It should be noted that the N2 gas sources 90 and 92 may be a common gas source.

[0060] Each of the flow control devices 88A to 88D is controlled by the a control unit 100 based on a detection value of heat resistant pressure sensors 98 to 98D provided to the respective heat transfer spaces 62, 64 and 74. Specifically, the above-mentioned heat resistant pressure sensors 98A to 98D are provided in the vicinity of the respective gas outlet ports 70A, 72A, 76A and 78A of the gas supply passages 70, 72, 76 and 78 so as to detect a pressure in the respective spaces. It should be noted that 66C to 66G in FIG. 4 are heat resistant metal seal member having a structure the same as the above-mentioned structures that seal each of the gas supply passages. Each of the above-mentioned heat resistant pressure sensors 98A to 98D has the same structure, and a description will be given, with reference to FIG.5, of a structure of the sensor 98A as an example.

[0061] As shown in FIG. 5, a concave portion 102 is formed on the surface of the lower insulating member 42 as a base for mounting the heat resistant pressure sensor 98A. The opening of the concave portion 102

THIS PAGE BLANK (USPTO)

is covered by a base plate 104 which is made of a bendable ceramic plate or a metal plate, and the base plate 104 is airtightly bonded by a brazing material 106 or the like. At this time, the inside of the concave portion 102 is set to a predetermined pressure (for example, about an atmospheric pressure). A resistance pattern 108, which is made of an alloy comprising nickel and chrome, is formed on the surface of the base plate 104 in an insulated state with respect to the base plate 104 (when the base is made of a metal), and the resistance pattern 108 is expandable so as to generate a change in the resistance by tracing a bending deformation of the base plate 104 (indicated by single dashed chain lines in the figure). The small change in the resistance is electrically detected by the control unit 100 via a lead wire 110. The small change in the resistance may be detected by using, for example, a Wheatstone bridge circuit. It should be noted that, in this case, the control unit is provided with a temperature compensation circuit (not shown in the figure) so as to cancel the change in the resistance of the resistance pattern 108 which is generated in association with a temperature change. Additionally, the structure of the heat resistant pressure sensor 98A is not limited to the above-mentioned structure if the heat resistant pressure sensor can withstand the process temperature of the apparatus according to the present invention.

[0062] Returning to FIG. 2, a description will be given of the upper electrode structure 30. A basic structure of the upper electrode structure 30 is the same as that of the lower electrode structure 28. That is, the upper electrode structure 30 comprises: an upper electrode unit 110; a cooling block 112 positioned above the upper electrode unit 110; and an upper insulating member 114 which electrically insulates the upper electrode unit 110 and the cooling block 112 from each other by being inserted therebetween. Specifically, the above-mentioned upper electrode unit 110 is made of aluminum.

[0063] A heater unit 116, which is wound in a spiral shape or a concentric shape similar to the heater unit 44 in the above-mentioned lower electrode unit 38, is embedded inside the upper electrode unit 110. A column 118, which extends above the upper electrode unit 114, goes through the ceiling of the chamber. A matching circuit 112 and a high-frequency source 124 for biasing are connected to the column 118 via lead line 120 so as to generate a plasma in the process space.

[0064] Similar to the lower electrode unit 38, the cooling block 112 is made of aluminum. A hollow ring-like cooling jacket 126 is formed in the cooling block 112 so as to flow a coolant therethrough. The above-mentioned cooling jacket 110 is maintained at a constant temperature, for example, a temperature the same as the temperature of the lower electrode unit 38 by flowing the coolant through the cooling jacket 126. Practically, the temperature of the upper electrode unit is controlled to an appropriate value by selectively or simultaneously driving the cooling jacket 126 and the heater unit 116. The reason for the temperature control of the upper electrode unit 110 is that if the temperature of the electrode is increased to a temperature higher than the wafer W or the lower electrode unit 38, a heat radiation is generated therebetween which may cause a heat fluctuation.

[0065] Additionally, an upper insulating member 114 interposed between the upper electrode unit 110 and the cooling block 112 is made of a ring-like quartz glass having a thickness of about 20 mm. The upper insulating member 114 covers a circumference of the column 118 extending from the above-mentioned upper electrode unit 110 so as to insulate also the column 118.

[0066] The upper electrode unit 110 and the upper insulating member 114 are joined in an upside and downside arrangement, and the upper insulating member 114 and the cooling block 112 are also joined in an upside and downside arrangement. An upper electrode-side heat transfer space (upper space) 128 and a lower electrode-side heat transfer space (lower space) 130, each of which is a small gap space, are formed between these members, respectively. Accordingly, similar to the case of the lower electrode structure 28, ring-like heat resistant metal seal members 132A, 132B, 134A and 134B are interposed between the heat transfer spaces 128 and 130 in an inner side and an outer side, respectively, so as to maintain the sealing characteristic of both the heat transfer spaces 128 and 130 high. Further, gas supply passages 136 and 138 are connected to the heat transfer spaces 128 and 130, respectively, so that a pressure controlled heat transfer gas comprising an inert gas such as Ar, He or N₂ is supplied thereto. That is, as shown in FIG. 6, the gas supply passages 136 and 138 connected to the respective electrode-side heat transfer spaces 128 and 130 are provided with flow control devices 88E and 88F such as mass flow controllers, respectively, so as to constitute electrode-side heat transfer gas supply means 142.

[0067] The flow control devices 88E and 88F are controlled by a control unit 144 based on the detection value of the heat resistant pressure sensors 98E and 98F provided to the respective heat transfer spaces 128 and 130. It should be noted that the above-mentioned control unit 100 may also serve as the control

THIS PAGE BLANK (USPTO)

unit 144. Specifically, the above-mentioned heat resistant pressure sensors 98E and 98F are provided in the vicinity of the gas outlet ports 136A and 138A of the gas supply passages 136 and 138 so as to detect the pressure in the respective spaces. The structure of each of the sensors 98E and 98F is the same as that described with reference to FIG. 5.

[0068] A description will now be given of an operation of the thus-structured plasma processing apparatus.

[0069] First, the semiconductor wafer W is transported into the process chamber 26 through the opened gate valve 32 in a state in which the lower electrode structure 28 is moved down to a predetermined position for transportation. Then, the wafer W is placed on the top surface of the preheated lower electrode unit 38, which serves as a placement table so as to attract and hold the wafer W by the electrostatic chuck 46. The lower electrode unit 38 and the upper electrode unit 110 are preheated at a temperature ranging from 350 DEG C to 500 DEG C so as to improve the throughput.

[0070] Then, in this state, the lower electrode structure 28 is lifted to a predetermined process position. At the same time, the temperature of the wafer is raised to the process temperature of, for example, about 500 DEG C by increasing a power supplied to the heater unit 44 of the lower electrode unit 38 and the heater unit 116 of the upper electrode unit 110. It should be noted that when the wafer is previously heated to the process temperature, there is no need to raise the temperature. Then, a predetermined film deposition gas such as SiH₄, SiF₄ or O₂ is supplied to the process space. Then, the pressure inside the process chamber 26 is maintained at a predetermined process pressure by driving the vacuum pump (not shown in the figure) to evacuate the gas inside the process chamber 26 through the exhaust port 36.

[0071] Then, a high-frequency plasma voltage having a frequency of, for example, 13.65 MHz is applied to the upper electrode unit 110 by the plasma generation high-frequency power source 124 so as to generate a plasma. At the same time, a high-frequency voltage for biasing is applied to the lower electrode unit 38 by the bias high-frequency power source 56. Thereby, a plasma is generated in the process space, and the deposition gas is activated which results in deposition of a predetermined film such as SiOF on the surface of the wafer W.

[0072] After the plasma process is started, the wafer W and the upper electrode 110 are gradually heated. In order to prevent the wafer W from overheating, the coolant is supplied to the cooling jackets 58 and 126 provided to the cooling blocks 40 and 112 so as to appropriately control the cooling jackets 58 and 126 and the heater units 44 and 116 so that the temperature of the wafer W is controlled to be maintained at the process temperature. It should be noted that water or Gurden (trade name) may be used as the coolant for the cooling jackets 58 and 126.

[0073] In such a condition, Ar gas as the heat transfer gas is supplied by the gas supply means corresponding to the above-mentioned heat transfer spaces 62, 64, 74, 128 and 130 so as to maintain the temperature controllability of the wafer W so that the heat transfer spaces can be maintained at a constant pressure ranging from, for example, from 10 to 20 Torr.

[0074] Since the heat resistant metal seal members 66A, 66B, 68A, 68B, 132A and 132B having structures shown in FIGS. 3A to 3E are used so as to seal the heat transfer spaces, the seal characteristic can be maintained high even if the process temperature is raised to about 500 DEG C and the heat transfer gas can be prevented from leaking to the process chamber. Accordingly, the temperature control of the wafer W can be accurately performed while maintaining the high heat transfer efficiency without consuming a large amount of heat transfer gas.

[0075] Additionally, the heat transfer spaces 62, 64, 74, 128 and 130 are provided with the respective heat resistant pressure sensors 98A through 98F having the structure as shown in FIG. 5 which can withstand a temperature as high as about 500 DEG C. The heat resistant pressure sensors 98A through 98F detects a pressure of the heat transfer spaces, and the flow of the heat transfer gas is controlled so as to maintain the detected pressure at a constant value, thereby enabling an accurate control of the gas pressure. Especially, since the pressure in each of the heat transfer spaces, which are objects to be subjected to the pressure control, can be directly detected by each sensor, more accurate pressure control having a quick response can be performed unlike the conventional method in which the pressure control is performed by detecting the gas pressure in the gas supply system.

[0076] Particularly, in a case in which a positional offset is generated in the wafer W on the surface of the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

electrostatic chuck 46 or the wafer W is not placed at an appropriate position due to foreign materials existing therebetween, the pressure in the chuck-side heat transfer space 74 is not increased to a predetermined value when the heat transfer gas is supplied thereto. However, the above-mentioned sensor 98C (or 98D) having a quick response can immediately detect the insufficient pressure rise so as to determine the defective placement of the wafer W.

[0077] Additionally, by providing the lower insulating member 42 or the upper insulating member 114, the high-frequency current voltage via the coolant is prevented from leaking to outside (circulating device of the coolant) in a case in which a coolant (for example, water) having an insulating characteristic which is not so high is used as the coolant flowing through the cooling jackets 58 and 126, thereby enabling efficient use of the high-frequency voltage for generation of a plasma.

[0078] A description will now be given, with reference to FIGS. 7 and 8, of a material of the lower insulating member 42 and the upper insulating member 114.

[0079] FIG. 7 is an illustration for explaining a state in which the insulating member is warped, and FIG. 8 is a graph showing the relationship between thermal conductivity and an amount of warp of the insulating member.

[0080] In the embodiment shown in FIG. 2, merely quartz glass is used for the insulating members 42 and 114. Since the quartz glass has a low coefficient of thermal conductivity, there is a large difference in temperature between the upper surface and the lower surface when the upper surface of the lower insulating member 42, for example, is put into contact with the lower electrode unit 38 having a high temperature and the lower surface of the insulating member 42 is put into contact with the cooling block 40. As a result, when there is no temperature difference, the lower insulating member 42 is flat as shown in FIG. 7-(A). However, as shown in FIG. 7-(B), if a temperature difference of about 150 DEG C is generated such as in a case in which the upper surface is at 200 DEG C and the lower surface is 50 DEG C, the lower insulating member 42 in this case is bent downwardly and warp is generated due to the difference in the thermal expansion between the upper surface and the lower surface of the lower insulating member 42. An amount of warp at this time is determined by the coefficient of thermal conductivity, the coefficient of thermal expansion and the size and shape of the material forming the lower insulating member 42. If such an amount of warp is large, the upper and lower surfaces do not evenly contact the upper electrode unit 38 and the cooling block 40, which results in uneven contact. As a result, a heat cannot be evenly released from the surface of the lower electrode unit 38 and there is unevenness generated in the temperature of the wafer, and the uniformity of the temperature in the surface of the wafer tends to deteriorate.

[0081] Accordingly, in the present embodiment, a material having a good thermal conductivity is used for the lower insulating member 42. That is, when the allowable amount ΔL of warp in the present embodiment is set to, for example, 15 μm , a material having a coefficient of thermal conductivity of more than 80 W/mK (meter-Kelvin) is used. As for such a material, any material having the coefficient of thermal conductivity of more than 80 W/mK can be used. For example, aluminum nitride (AlN), which is a ceramic material, can be used.

[0082] FIG. 8 is a graph showing a relationship between the coefficient of thermal conductivity and an amount of warp of the insulating member. It can be appreciated from the graph of FIG. 8 that the amount of warp is less than 15 μm , which is an allowable amount, when the coefficient of thermal conductivity is greater than 80 W/Km. The conditions of the experiments were such that the diameter of the insulating member was 230 mm, the thickness was 12 mm and the heat input from the upper surface was 1500 W. Additionally, regarding the characteristic of the insulating member, the Young's modulus was 300 GPa, the Poisson ratio was 0.33 and the coefficient of thermal expansion was $5.0 \times 10^{-6}/\text{K}$. As mentioned above, the temperature difference between the upper and lower surfaces is reduced by forming the insulating material by a material having a high coefficient of thermal conductivity, which results in reduction in the amount of deformation due to warp. As a result, the insulating member 42 does not locally contact with the members located upside and downside thereof and the uniformity of the temperature in the surface of the wafer W can be maintained.

[0083] Since the above-mentioned phenomenon occurs not only in the lower insulating member 42 but also in the upper insulating member 114 (the direction of warp is opposite to the above-mentioned direction), it is preferable that the upper insulating member 114 also be made of aluminum nitride having a coefficient of thermal conductivity of greater than 80 W/mK.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0084] A description will now be given, with reference to FIGS. 9A through 9D and FIG. 10, of a surface structure of the lower insulating member 42 and the upper insulating member 114.

[0085] In FIG. 2, FIG. 4 and FIG. 6, the width of each of the heat transfer spaces 62, 64, 128, and 130 is indicated larger than the actual width in order to facilitate a better understanding. Actually, each of the seal members is situated within a concave groove. Additionally, although the structure is fixed by being tightened in a direction of height and an air gap corresponding to each of the heat transfer spaces is rarely formed, the joint surfaces of the members defining each of the heat transfer spaces are in a point contacting state in which the joint surfaces contact to each other at irregularly arranged many contact points when microscopically viewed. Thereby, the heat transfer gas flows in the air gap along irregular paths. Thus, the heat transfer efficiency differs from position to position along the vertical direction, and, thereby, the uniformity of the wafer temperature in the surface tends to deteriorate.

[0086] In the present embodiment, the joint surfaces that are joined in the vertical relationship to define each of the heat transfer spaces 62, 64, 128 and 130 are provided with gas grooves, through which the heat transfer gas flows, substantially uniformly in the surfaces. The contact rate of joint surfaces is set to, for example, 40% to 80%. That is, for example, mesh-like or cross-stripe gas grooves 200 (refer to FIGS. 9A through 9D) having a predetermined width are formed by carving one or both of the upper and lower surfaces of the lower insulating member 42 over the entire surface. Accordingly, the heat transfer gas flows through the gas grooves 200, and, thereby, the heat transfer gas can reach evenly over the entire surface of the insulating member 42. As a result, the heat transfer efficiency in the vertical direction over the entire surface of the insulating member becomes uniform, and the uniformity of the temperature distribution in the wafer can be improved. In this case, if the contact rate is reduced in excess, the heat resistance in the vertical direction becomes excessively large and the controllability of the temperature of the wafer is deteriorated. Thus, the lower limit of the contact rate is about 40% as mentioned above.

[0087] The optimum contact rate was obtained by experiments, and a description will now be given, with reference to FIGS. 9A through 9D and FIG. 10, of the results of the experiments. FIGS. 9A through 9D are illustrations indicating various contact rates when the gas grooves having various widths are provided to the joint surface of the member. FIG. 10 is a graph showing a relationship between the contact rate and each of the heat resistance and the dispersion in the temperature distribution. The contact rate represents a ratio of the area of the gas grooves to the area of the rest of the surface when the gas grooves are formed on the surface of the insulating member. In FIGS. 9A through 9D, parts of the surface of the insulating member 42, on which the gas grooves 200 are formed, are shown, and square parts 202 corresponds to the contact surface. When the ratio of a side of one of the contact parts 202 to the width of one of the gas grooves 200 is 7 : 1, the contact rate is 77% (refer to FIG. 9A). When the above-mentioned ratio is 2 : 1, the contact rate is 44% (refer to FIG. 9B). Additionally, when the above-mentioned ratio is 1 : 2, the contact rate is 11% (refer to FIG. 9C). Further, when the above-mentioned ratio is 2 : 5, the contact rate is 2.7% (refer to FIG. 9D). It should be noted that when no contact groove is formed, the contact rate is 100%.

[0088] The results of investigation regarding the heat resistance and the dispersion ΔT of the temperature distribution in the wafer surface or various contact rates are shown in FIG. 10. It should be noted that the dispersion in the temperature distribution is represented by a difference between the maximum value and minimum value of the temperature of the wafer surface.

[0089] Although it depends on a kind of process, the dispersion in the temperature distribution in a general heating process is required to be less than 30 DEG C. Additionally, if the heat resistance is excessively large, release of heat (cooling) cannot be smoothly performed. Thus, the response slows down even if the power of the heater or the flow of the coolant in the cooling block is controlled, and the temperature controllability of the wafer is deteriorated. Thus, the upper limit is about 0.1 K/W. Accordingly, in order to satisfy the both, it was found that the contact rate should be set within a range from 40% to 80%.

[0090] As mentioned above, according to the present embodiment, since the heat transfer gas can flow uniformly in any direction within the surface without excessively increasing the heat resistance, the uniformity of the temperature distribution in the wafer surface can be further improved.

[0091] It can be realized that the above-mentioned gas grooves 200 are applicable not only to the upper and lower surfaces of the lower insulating member 42 and the upper and lower surfaces of the upper

THIS PAGE BLANK (USPTO)

insulating member 114 but also to the surface of the electrode unit contacting the aforementioned surfaces and the surface of the cooling block.

[0092] A description will now be given, with reference to FIGS. 11 through 13, of an example in which the surface roughness R_a of the lower insulating member 42 and the upper insulating member 114 is defined.

[0093] Since the surface roughness of each member defining each of the heat transfer spaces 62, 64, 128 and 130 shown in FIG. 2 provides an influence to the actual contact area between the members and the actual distance between the members, the heat transfer efficiency, that is, the heat resistance between the opposed members is influenced. FIG. 11 is a microscopically enlarged illustration of a part of the heat transfer space 62 formed between the lower surface of the lower electrode unit 38 and the upper surface of the lower insulating member 42 as an example. As shown in FIG. 11, it can be appreciated that the actual contact area between the members and the actual distance between the members are changed depending on the surface roughness.

[0094] If the heat transfer space 62, which is formed between the lower surface of the lower electrode unit 38 and the upper surface of the lower insulating member 42, is large, the heat resistance between the lower surface of the lower electrode unit 38 and the upper surface of the lower insulating member 42 is larger. If the heat resistance is large, the release of heat (cooling) cannot be smoothly performed, and the controllability of the wafer temperature may be deteriorated.

[0095] This will be described with reference to FIG. 12. FIG. 12 is an illustrative view of the electrode unit 28 shown in FIG. 2. In FIG. 12, it is assumed that an amount of heat Q_w is supplied to the wafer W due to the plasma, and a maximum amount of heat P_w can be supplied by the heater unit 44. Also it is assumed that a heat release (cooling) of an amount of heat X_w is performed in the cooling block 40. If the heat resistance at the upper and lower boundaries of the insulating member 42 is large, the amount of heat X_w cannot be large and a large amount of heat is accumulated in the electrode unit 38. Accordingly, the output power of the heater unit 44 must be controlled, and, therefore, the temperature controllability for maintaining the wafer W at an appropriate process temperature is deteriorated.

[0096] Accordingly, in the present embodiment, the surface roughness R_a of the upper and lower boundaries of the insulating member 42 is set smaller than $2.0 \mu\text{m}$ so as to set the heat resistance to be smaller than 0.1 K/W . As mentioned above, if the heat resistance is smaller than 0.1 K/W , the amount of heat X_w for heat release can be increased. Accordingly, an increased power can be supplied to the heater unit 44, and, thus, the wafer temperature can be controlled with a good controllability.

[0097] A description will now be given, with reference to FIG. 13, of the upper limit value of each of the heat resistance and the surface roughness. FIG. 13 is a graph showing the surface roughness R_a of the insulating member and the heat resistance. Apparent from the graph, the heat resistance is increased as the surface roughness R_a is increased. In the conventional electrode structure, the amount of heat to be released must be at least 5 W (watts)/cm in consideration of the power of the heater unit 44 and the amount of cooling of the cooling block 40. The heat resistance at this time is about 0.1 K/W . Accordingly, it can be appreciated from the graph that the surface roughness R_a should be set to be smaller than $2.0 \mu\text{m}$.

[0098] It can be realized that the surface roughness R_a of the above-mentioned insulating member 42 is applicable, in the similar manner, to the upper insulating member 114 of the upper electrode structure 30 (refer to FIG. 2).

[0099] A description will now be given, with reference to FIG. 14 through FIG. 16, of a variation of the heat resistant metal seal member to improve the seal characteristic.

[0100] Generally, the surfaces of the insulating member, the electrode unit and the cooling block are in a flat, smoothed state by being mirror finished by lapping or the like so as to achieve a good contact therebetween. FIG. 14 illustratively shows the lower surfaces of the electrode unit and the upper surface of the insulating member, which surfaces are mirror finished and irregularity of the surface is very small. However, there is a case in which a small scratch 204 is formed in the surface of the insulating member 42, which is made of quartz glass or a ceramic material, due to grain loss during the mirror finishing process. The scratch 204 may also be generated on the side of the electrode unit 38, which is made of aluminum.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0101] If such a scratch 204 due to grain loss is generated, there is a case in which the scratch may act as a leak path and the heat transfer gas may leak through the scratch even if the heat resistant metal seal member 66A is provided.

[0102] Accordingly, in the present embodiment, a soft metal film or soft metal layer, which is made of a low melting point material that softens near the process temperature of the wafer, is formed on the surface of the heat resistance metal seal member or the surface of the member contacting the heat resistant metal seal member.

[0103] FIG. 15A shows a state in which the soft metal film 206 is formed on the surface of the heat resistant metal seal member 66A, and FIG. 15B shows a state in which the soft metal film 206 is softened. Additionally, FIG. 16A shows a state in which the soft metal layer 208 is formed on the surface of the member contacting the heat resistant metal seal member 66A, that is, the lower surface of the electrode unit 38 and the surface of the insulating member 42, and FIG. 16B shows a state in which the soft metal layer 208 is softened. The soft metal layer 208 is formed in a ring-like shape along the seal member 66A. The soft metal film 206 and the soft metal layer 208 may be made of indium as explained with reference to FIG. 3D, but not limited thereto.

[0104] As mentioned above, when the soft metal film 206 or the soft metal layer 208 is used, the material is softened during the process of the wafer and the softened material enters the above-mentioned scratch 204 so as to fill the scratch (refer to FIG. 15(B) and 16(B)). Accordingly, there is no leak path, and the heat transfer gas can be prevented from leaking outside.

[0105] Although the soft metal layer 208 is provided to both surfaces to which the seal member 66A contacts as shown in FIG. 16A, the soft metal member 208 may be provided only to the insulating member 42 in which a frequency of generation of the scratch 204 is high. Additionally, the combination of the structure shown in FIG. 15A and the structure shown in FIG. 16A may be used.

[0106] A description will now be given, with reference to FIG. 17A and 17B, of variations of the heat resistant metal seal member to improve a corrosion resistance with respect to a fluoride gas.

[0107] In this kind of processing apparatus, there is a case in which a highly corrosive fluoride gas is used in a process, an etching process or a cleaning process. In such a case, the fluoride gas may cause corrosion of the heat resistant metal seal member when the fluoride gas is brought into contact with the heat resistant metal seal member.

[0108] However, in the present embodiment, in order to prevent the corrosion, as shown in FIG. 17A and 17B, a fluoride passivation film 210 is formed on the surface of the heat resistant metal seal member, which passivation film has a high corrosion resistance with respect to the fluoride gas. In the heat resistant metal seal member shown in FIG. 17A, the fluoride passivation film 210 is formed on the entire surface of the heat resistant metal seal member 66A (the same as that shown in FIG. 3A) having a circular cross section. Additionally, the heat resistant metal seal member shown in FIG. 17B is the heat resistant metal seal member 66A-1 (the same as that shown in FIG. 3B) having an arc-like shape of which part is open, and the fluoride passivation film 210 is formed on the entire front and back surfaces, that is, the entire exposed surfaces which can be brought into contact with the fluoride gas. Also in the cases of the seal members 66A-2, 66A-3 and 66A-4, the fluoride passivation film 210 may be formed on not only an outer surface but also an inner surface.

[0109] Thereby, the metal seal member 66A is prevented from being corroded by the fluoride gas, which improves the corrosion resistance of the member. It should be noted that the method of forming the fluoride passivation film 210 can be applied to other all metal seal members 66B, 132A and 132B (refer to FIG. 2).

[0110] A description will now be given, with reference to FIG. 18 through FIG. 20, of a variation, which improves the uniformity of the temperature in the wafer surface by adapting a part of the column 48 supporting the electrode unit 38.

[0111] The column 48 having a diameter of 4 cm to 5 cm and supporting the lower electrode unit 38 has a hollow interior as shown in FIG. 2, and the interior may be open to atmosphere or the column may be sealed. In any case, the center portion of the lower electrode unit 38 to which the column 48 is connected has less heat release effect since the cooling block 40 is not positioned underneath. Accordingly, the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

temperature of the center portion of the lower electrode unit 38 tends to be slightly higher than the temperature of the periphery, which is a cause of deterioration of the uniformity of the temperature in the wafer surface.

[0112] Accordingly, in the present embodiment, gas blower means is provided so as to promote a release of heat at this portion. FIG. 18 is a view showing a state in which the gas blower is provided inside the column. FIG. 19 is a graph showing the temperature distribution in the surface of the semiconductor wafer.

[0113] As shown in FIG. 18, a gas injection nozzle 222 as the gas blower means 220 is inserted into the hollow column 48 from underneath, which column supports the center portion of the lower electrode unit 38. An injection port 224 at the end of the gas injection nozzle 222 is located at a position under the lower surface of the electrode 38 by about 1 cm apart from the lower surface of the electrode unit 38 so that a gas such as N₂ gas or air at a room temperature is injected toward the center portion of the lower surface of the electrode unit 38 so as to promote the release of heat (cooling) at this portion. The injected gas is exhausted through an exhaust port 226 at the lower end of the column 38. The temperature of the gas may be previously cooled so as to increase the heat release efficiency. However, if the heat release efficiency is increased in excess, the temperature of the center portion of the electrode 38 is undesirably decreased too much.

[0114] FIG. 19 is a graph showing the effect of the cooling blower means, and showing a case in which the cooling blower means is not present and a state in which the cooling blower means is present (20 liters/min and 40 liters/min). The cooling blower means injects N₂ gas at a room temperature. Apparent from the graph shown in FIG. 19, when the cooling blower means is not present, the temperature of the wafer center is high and the temperature of the periphery is low. In this case, the temperature difference ΔT in the surface of the wafer is so large that it reaches 24 DEG C.

[0115] When the cooling blower means is present and the gas is injected at a flow rate of 40 liters/min, the heat release is promoted in excess and the temperature of the center of the wafer is low. Also in this case, the temperature difference ΔT in the surface of the wafer is so large that it reaches 24 DEG C.

[0116] On the other hand, when the cooling blower means is present and the gas is injected at a flow rate of 20 liters/min, the temperature of the wafer center is appropriately reduced. Accordingly, the temperature difference ΔT is reduced to about 15 DEG C, and the uniformity of the temperature in the wafer surface shows a good result.

[0117] As mentioned above, the uniformity of the temperature in the wafer surface can be greatly improved by promoting the heat release by injecting the gas toward the center portion of the lower surface of the lower electrode unit 38.

[0118] In the above-mentioned embodiment, the heat release of the center portion of the lower electrode unit 38 is promoted by providing the gas blower means 220. However, instead of or in combination with the blower means, the members may be joined via a thermal conductive member 230 made of, for example, aluminum or the like positioned between the column 48 and the cooling block 40. It should be noted that the reference numeral 232 indicates a seal member such as an O-ring, which maintains the airtightness of the process chamber.

[0119] Accordingly, the heat in the lower electrode unit 38 is transferred to the cooling block 40 via the column 48 and the heat conductive member 230. Accordingly, similar to the case described with reference to FIG. 18, the heat release of the center portion of the lower electrode unit 38 is increased, and the uniformity of the temperature in the wafer surface can be increased.

[0120] It should be noted that in the above-mentioned embodiment, the heat resistant metal seal members shown in FIGS. 3A through 3E are used so as to seal each of the heat transfer spaces. However, the present invention is not limited to this, and the heat transfer spaces themselves may constitute a labyrinth structure so that the heat transfer gas does not move out therefrom.

[0121] A description will now be given of this point by taking the joint part between the lower electrode unit 38 and the lower insulating member 42 for instance. As shown in FIG. 21 and FIGS. 22A and 22B, small grooves 152, each of which has a width of 2 mm, are formed on the lower surface of the lower insulating member 42 with a predetermined pitch, for example, several millimeters in a spiral arrangement or a

THIS PAGE BLANK (USPTO)

concentric arrangement (the example shown in FIG. 21 is the concentric arrangement). Additionally, small grooves 152 are formed on the upper surface of the lower insulating member 42, which faces the lower insulating member 42, so that the convexo-concave structure formed by the grooves 152 fits to the convexo-concave structure formed by the grooves 150. That is, a labyrinth heat transfer space 154 is formed by arranging the grooves 150 and 152 as shown in FIG. 22A. In this case, the heat transfer gas can be confined in the labyrinth heat transfer space 154 in a certain degree without using the heat resistant metal seal member.

[0122] Additionally, as shown in FIG. 22B, the grooves 150 may be formed on only one of the surfaces, that is, on the lower electrode unit 38 in the example shown in the figure, and the other surface opposite to the one of the surfaces may be made flat. Although the labyrinth heat transfer space 154 formed in this case cannot provide the sealing characteristic of the level the same as that shown in FIG. 22A, the heat transfer gas can be confined in a certain degree.

[0123] Additionally, in the above-mentioned embodiment, although each of heater units 44 and 116 is formed by a sheath heater, each of the heater units may be constituted by a ceramic heater, which is formed, for example, by patterning a resistor metal in ceramics. Additionally, the heater units 44 and 116 may be divided into two zones such as the center side heater unit 44A and outer side heater unit 44B as shown in FIG. 23 so that the temperature control can be performed on an individual zone basis. Additionally, in the case of the ceramic heater, a control the same as the control of heat generation on an individual zone basis can be achieved by increasing or decreasing the width of the patterned resistor in the middle of the concentric arrangement or the spiral arrangement.

[0124] Further, in the present embodiment, the insulating members 42 and 114 are provided between the electrode units 38 and 110 and the cooling blocks 40 and 112, respectively. However, the insulating members 42 and 114 are not necessarily provided, and the electrode units 38 and 110 may be directly joined to the respective cooling blocks 40 and 112. In such a case, a small heat transfer space is also formed in the boundary of the joined surfaces. It should be noted that, in this case, insulation between the process chamber 26 and each of the electrode structures is provided at different positions.

[0125] Additionally, although the description was given by taking the plasma CVD process for instance in the above-mentioned embodiment, the present invention may be applied to other processes such as a plasma etching process, a plasma sputtering process, a plasma ashing process or a heat CVD process which does not use a plasma. FIG. 24 shows a processing apparatus as an example to which the present invention is applied to a heat CVD processing apparatus that does not use plasma. It should be noted that, in FIG. 24, parts that are the same as the parts shown in FIG. 2 are given the same reference numerals.

[0126] In this figure, a showerhead unit 150 is provided instead of the gas nozzle shown in FIG. 2, which showerhead unit 150 supplies the process gas such as a film deposition gas to the interior of the process chamber 26, and a placement table structure 162 is provided instead of the lower electrode structure 28 shown in FIG. 2. The placement table structure 162 comprises the cooling block 40 and a placement table 164 that has the same structure as the lower electrode unit 38 shown in FIG. 2. The heat resistant metal seal members 66A and 66B are provided in the heat transfer space 62 between the placement table 162 and the cooling block 40. Since the high-frequency power source is not used, the lower insulating member 42 provided in the apparatus shown in FIG. 2 is not needed. In this case, action and effect similar to that of the apparatus shown in FIG. 2 can be provided. For example, the effect that a temperature of an object to be processed can be accurately controlled can be provided without consuming a large amount of heat transfer gas by maintaining high sealing characteristic to the heat transfer space.

[0127] It can be realized that the modes of the examples described with reference to FIGS. 7 through FIG. 20 can be applied to the placement table structure using the labyrinth heat transfer space 154 and the placement table structure 162 that does not use a high-frequency power source.

[0128] Further, although the description was given by taking the semiconductor wafer as an object to be processed for example, the present invention is not limited to this and is applicable to an LCD substrate, a glass substrate or the like.

[0129] As mentioned above, the electrode structure, the placement table structure, the plasma processing apparatus and the processing apparatus according to the present invention can provide the following excellent effects.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0130] According to the electrode structure of the present invention, a high sealing effect for the heat transfer space can be maintained in a high temperature range such as a temperature, for example, ranging from 350 DEG C to 500 DEG C, which is higher than 200 DEG C.

[0131] Especially, in a case in which the pressure in the heat transfer space or the labyrinth heat transfer space, which is a target to be controlled, is measured by the heat resistant pressure sensor, a rapid and accurate pressure control can be performed.

[0132] Additionally, according to the placement table structure of the present invention, a high sealing effect for the heat transfer space can be maintained in a high temperature range such as a temperature higher than 200 DEG C or, for example, a range from 350 DEG C to 500 DEG C so as to accurately control a temperature of the object to be processed without consuming a large amount of heat transfer gas.

[0133] Especially, in a case in which the pressure in the heat transfer space or the labyrinth heat transfer space, which is a target to be controlled, is measured by the heat resistant pressure sensor, a rapid and accurate pressure control can be performed.

[0134] Additionally, by setting the coefficient of thermal conductivity of the insulating member to be more than 80 W/mK, the warp deformation can be controlled and the uniformity of a temperature distribution in a surface of the object to be processed can be improved.

[0135] Additionally, according to the present invention, by setting the contact rate of the joining surfaces that define the heat transfer space to fall within a range from 40% to 80%, the uniformity of a temperature distribution in a surface of the object to be processed can be further improved since the heat transfer gas can flow substantially uniformly within the surface without excessively increasing the heat resistance.

[0136] Additionally, according to the present invention, by setting the surface roughness of the member defining the heat transfer space to be smaller than 2.0 μm , the heat conductivity can be improved and the controllability of the temperature of the object to be processed can be improved.

[0137] Additionally, according to the present embodiment, by forming the soft metal film or layer made of a low melting point material, which is softened at a process temperature of the object to be processed, on the surface of the heat resistant metal seal member or the surface of the member contacting the heat resistant metal seal member, a cut in the surface which contacts the seal member is filled by the softened material which eliminates a leak path, thereby enabling prevention of the heat transfer gas from leaking through the cut.

[0138] Additionally, according to the present invention, by injecting a gas toward the electrode unit or the center portion of the back surface of the placement table from inside the hollow column which supports the electrode unit or the placement table, a release of heat from such a portion can be promoted and the uniformity of the temperature distribution in the surface of the object to be processed.

[0139] Further, according to the plasma processing apparatus of the present invention, a plasma process can be performed with an accurate control of the temperature of an object to be processed in a high temperature range.

[0140] Additionally, according to the processing apparatus of the present invention, a process can be performed with an accurate control of the temperature of an object to be processed in a high temperature range.

[0141] The present invention is not limited to the specifically disclosed embodiments, and variations and modifications may be made without departing from the scope of the present invention.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

Claims

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1. An electrode structure used in a plasma processing apparatus which performs a predetermined process on an object (W) to be processed by using a plasma in a process chamber (26) in which a vacuum can be formed, the electrode structure is characterized by comprising:

an electrode unit (38; 110) having a heater unit (44; 116) therein;
 a cooling block (40; 112) joined to the electrode unit and having a cooling jacket (58; 126) which cools said electrode unit;
 a heat resistant metal seal member (66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B) for sealing an electrode-side heat transfer space (62, 64; 128, 130) formed between said electrode unit and said cooling block; and
 electrode-side heat transfer gas supply means (94; 142) for supplying a heat transfer gas to said electrode-side heat transfer space.

2. An electrode structure used in a plasma processing apparatus which performs a predetermined process on an object (W) to be processed by using a plasma in a process chamber (26) in which a vacuum can be formed, the electrode structure is characterized by comprising:

an electrode unit (38; 110) having a heater unit (44; 116) therein;
 a cooling block (40; 112) joined to the electrode unit and having a cooling jacket (58; 126) which cools said electrode unit;
 a labyrinth heat transfer space (154) formed by a concentric or spiral groove (150) provided on at least one of opposite surfaces of said electrode unit and said cooling block; and
 electrode-side heat transfer gas supply means (94; 142) for supplying a heat transfer gas to said labyrinth heat transfer space.

3. The electrode structure as claimed in claim 1 or 2, characterized in that an insulating member (42; 114) is provided between said electrode unit (38; 110) and said cooling block (40; 112), and said heat transfer space (62, 64; 128, 130) is divided into an upper space (62, 128) and a lower space (64, 130) by the insulating member.

4. The electrode structure as claimed in claim 3, characterized in that said insulating member (42; 114) is made of a material having a coefficient of thermal conductivity of more than 80 W/mK.

5. The electrode structure as claimed in claim 4, characterized in that said insulating member (42; 114) is made of aluminum nitride (AlN).

6. The electrode structure as claimed in claim 1 or 2, characterized in that a contact rate of a joining surface of a member, which is joined to define said heat-transfer space (62, 64; 128, 130; 154), is set to fall within a range from 40% to 80%.

7. The electrode structure as claimed in claim 1 or 2, characterized in that a surface roughness of a member defining said heat transfer space (62, 64; 128, 130; 154) is smaller than 2.0 μm .

8. The electrode structure as claimed in claim 1, characterized in that said heat resistant metal seal member (66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B) is a heat resistant metal film (79) having a ring-like cross section, a low melting point material (84) being confined in the metal film.

9. The electrode structure as claimed in claim 1, characterized in that a surface of said heat resistant metal seal member (66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B) is covered by a soft metal film (206) made of a low melting point material which is softened at a process temperature of said object (W) to be processed.

10. The electrode structure as claimed in claim 1, characterized in that a surface of a member contacting said heat resistant metal seal member (66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B) is covered by a soft metal layer (208) made of a low melting point material which is softened at a process temperature of said object (W) to be processed.

11. The electrode structure as claimed in claim 1, characterized in that a surface of said heat resistant

THIS PAGE BLANK (USPTO)

metal seal member (66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B) is covered by a fluoride passivation film (210) having a corrosion resistance with respect a fluoride gas.

12. The electrode structure as claimed in claim 11, characterized in that said fluoride passivation film (210) is made of nickel fluoride.

13. The electrode structure as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said heater unit (44; 116) is a ceramic heater.

14. The electrode structure as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said heater unit (44; 116) is divided into concentric zones, and the divided zones are controllable on an individual basis.

15. The electrode structure as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said electrode unit (38; 110) is an upper electrode unit (110) positioned above said object (W) to be processed.

16. The electrode structure as claimed in claim 1 or 2, characterized in that said electrode unit (38; 110) is a lower electrode unit (38) which also serves as a placement table on which said object (W) to be processed is placed, and the electrode structure further comprises an electrostatic chuck (46) which is joined to an upper surface of the lower electrode unit so as to attract said object (W) to be processed and a chuck-side heat transfer gas supply means (96) for supplying a heat transfer gas to a chuck-side heat transfer space (74) formed between said electrostatic chuck and said object to be processed.

17. The electrode structure as claimed in claim 16, characterized in that at least one of said electrode-side heat transfer space (62, 64; 128, 130), said labyrinth heat transfer space (154) and said chuck-side heat transfer space (74) is provided with a heat resistant pressure sensor, and an amount of gas supplied by said corresponding heat transfer gas supply means is controlled based on an output of the heat resistant pressure sensor.

18. The electrode structure as claimed in claim 1 or 2, characterized in that the center of said electrode unit (38; 110) is held by a hollow column (48), and gas blower means (222) is provided in said column for promoting a release of heat by blowing a gas toward the center of a back surface of said electrode unit.

19. The electrode structure as claimed in claim 1 or 2, characterized in that the center of said electrode unit (38; 110) is held by a column (48), and the column is connected to said cooling block (40; 112) via a heat conductive member.

20. A placement table structure used for a processing apparatus performing a predetermined process on an object (W) to be processed in a process chamber (26) in which a vacuum can be formed, the placement table structure is characterized by comprising:

a placement table (164) having a heater unit (44) therein so as to heat said object to be processed; a cooling block (40) joined to the placement table and having a cooling jacket (58) which cools said placement table (164);

a heat resistant metal seal member (66A, 66B) for sealing a heat transfer space (62) formed between said placement table and said cooling block; and heat transfer gas supply means (94) for supplying a heat transfer gas to said heat transfer space.

21. The placement table structure as claimed in claim 20, characterized in that a surface of said heat resistant metal seal member (66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B) is covered by a soft metal film (206) made of a low melting point material which is softened at a process temperature of said object (W) to be processed.

22. The placement table structure as claimed in claim 20, characterized in that a surface of a member contacting said heat resistant metal seal member (66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B) is covered by a soft metal layer (208) made of a low melting point material which is softened at a process temperature of said object (W) to be processed.

23. The placement table structure as claimed in claim 20, characterized in that a surface of said heat resistant metal seal member (66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B) is covered by a fluoride

THIS PAGE BLANK (USPTO)

passivation film (210) having a corrosion resistance with respect a fluoride gas.

24. The placement table structure as claimed in claim 23, characterized in that said fluoride passivation film (210) is made of nickel fluoride.

25. A placement table structure used for a processing apparatus performing a predetermined process on an object (W) to be processed in a process chamber (26) in which a vacuum can be formed, the placement table structure is characterized by comprising:

a placement table (164) having a heater unit (44) therein so as to heat said object to be processed;
 a cooling block joined to the placement table and having a cooling jacket (58) which cools said placement table (164);
 a labyrinth heat transfer space (154) formed by a concentric or spiral groove (150) provided on at least one of opposite surfaces of said placement table and said cooling block; and
 heat transfer gas supply means (94) for supplying a heat transfer gas to said labyrinth heat transfer space.

26. The placement table structure as claimed in claim 25, characterized in that a rate of contact of a joining surface of a member joined to define said heat transfer space (154) is set to fall within a range from 40% to 80%.

27. The placement table structure as claimed in claim 25 or 26, characterized in that a surface roughness of a member defining said heat-transfer space (154) is smaller than 2.0 μm .

28. The placement table structure as claimed in claim 25, characterized in that the center of said placement table (164) is held by a hollow column (48), and gas blower means (222) is provided in said column for promoting a release of heat by blowing a gas toward the center of a back surface of said electrode unit.

29. The placement table structure as claimed in claim 25, characterized in that the center of said placement table (164) is held by a column (48), and the column is connected to said cooling block (40) via a heat conductive member.

30. A plasma processing apparatus characterized by comprising:

a process chamber (26) in which a vacuum can be formed;
 an electrode structure (28, 30) recited in one of claims 1 to 19; and
 a high-frequency source (56) applying a high-frequency voltage to the electrode structure.

31. A processing apparatus characterize by comprising:

a process chamber (26) in which a vacuum can be formed; and
 a placement table structure (162) recited in one of claims 20 to 29.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2000年12月28日 (28.12.2000)

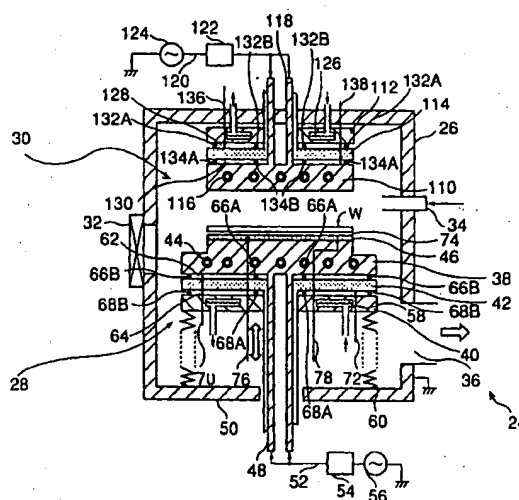
PCT

(10) 国際公開番号
WO 00/79575 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/205, (KOMINO, Mitsuaki) [JP/JP]; 〒165-0027 東京都中野区野方1丁目21-6 Tokyo (JP). 佐々木康晴 (SASAKI, Yasuharu) [JP/JP]. 坪井 恭 (TSUBOI, Kyo) [JP/JP]. 天野秀昭 (AMANO, Hideaki) [JP/JP]; 〒220-0101 神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番41号 東京エレクトロン宮城株式会社内 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/04011
- (22) 国際出願日: 2000年6月20日 (20.06.2000)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 伊東忠彦 (ITO, Tadahiko); 〒150-6032 東京都渋谷区恵比寿4丁目20番3号 恵比寿ガーデンプレイスタワー32階 Tokyo (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: (81) 指定国 (国内): KR, SG, US.
特願平11/173613 1999年6月21日 (21.06.1999) JP
特願2000/168297 2000年6月5日 (05.06.2000) JP (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP). 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (72) 発明者; および 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小美野光明

(54) Title: PLASMA PROCESS DEVICE, ELECTRODE STRUCTURE THEREOF, AND STAGE STRUCTURE

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置及び処理装置の電極構造及び載置台構造



(57) Abstract: An electrode structure is provided for use in a plasma device that processes a workpiece (W) using a plasma in a process chamber (26) in a vacuum. An electrode (38) includes a heater (44). The electrode (38) is coupled to a cooling block (40) having a cooling jacket (58) for cooling the electrode. A heat-resistant metal sealant (66A, 66B) covers the electrode in a heat-transfer space (62, 64) formed between the electrode and the cooling block. Gas supply means (94) on the electrode side supplies a heat medium to the space (62, 64). Such an electrode structure maintains the electrode sealed in the space in a high temperature range above 200°C, even at 350 to 500°C, and prevents the gas leakage.

[続葉有]



(57) 要約:

真空引き可能になされた処理容器（２６）内でプラズマを用いて被処理体（W）に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造が提供される。電極部（３８）は加熱ヒータ部（４４）を内部に有する。冷却ジャケット（５８）を有する冷却ブロック（４０）が電極部（３８）に接合されて電極部を冷却する。耐熱性メタルシール部材（６６Ａ，６６Ｂ）は、電極部と冷却ブロックとの間に形成される電極側伝熱空間（６２，６４）をシールする。電極側伝熱ガス供給手段（９４）は、電極側伝熱空間に伝熱ガスを供給する。これにより、２００℃以上、例えば３５０～５００℃程度の高温度域においても電極側伝熱空間のシール性が劣化せずに伝熱ガスが漏れることがない。

明細書

プラズマ処理装置及び処理装置の電極構造及び載置台構造

5 技術分野

本発明は、プラズマ処理装置などの処理装置に係わり、特にプラズマ処理装置に好適な電極構造及び載置台構造に関する。

背景技術

- 10 一般に、半導体集積回路の製造工程においては、被処理体である半導体ウエハに対して、成膜処理、エッチング処理、酸化拡散処理等の各種処理が繰り返行なわれる。この種の処理において、ベアウエハに対して酸化膜を成膜する場合のように、温度によるダメージを受ける素子や構造、或いは部材がウエハ中に存在しない場合には、例えば800～900℃の高温で熱処理を行なっても問題はない。
- 15 い。しかし、例えば回路素子を多層化する際の層間絶縁膜等を成膜する場合には、上述のように800～900℃の高温にウエハを加熱すると下層の回路素子や構造が熱的ダメージを受けるという問題がある。このような問題を回避するために、それ程高くない温度、例えば300℃程度の低温域でプラズマを用いてCVD (Chemical Vapor Deposition) 成膜を施すことが行われている。
- 20

- 図1は上記したようなプラズマCVDを行なう従来装置の概略構成図である。まず、真空引き可能になされた処理容器2内には、載置台を兼ねる下側電極部4が設置されている。この下側電極部4には、シースヒータのような加熱ヒータ部6が絶縁状態で埋設されている。具体的には、上記加熱ヒータ部6をアルミニウム等により鋳込むことによりこれを埋設している。そして、このアルミニウム製の
- 25 下側電極部4の上面に、静電チャッキング用のチャック電極をセラミック素材に埋設してなるセラミック製の静電チャック8がろう付け等により接合して設けられている。半導体ウエハWは静電チャック8の上に静電吸着力により保持され

る。

また、上記下側電極部 4 の下部には、内部に冷却ジャケット 10 を有する冷却ブロック 12 が設けられている。上記冷却ジャケット 10 と加熱ヒータ部 6 とをコントロールすることにより、ウエハ W を最適な温度に維持する構成となっている。

5 5 5

下部電極部 4 と冷却ブロック 12 との間には僅かな間隙の伝熱空間 14 が形成されて伝熱効率が低下するので、この伝熱空間 14 をリング等のシール部材 16 でシールし、ここに Ar ガス、He ガス、窒素ガスなどの不活性ガスよりなる伝熱ガスを導入し、伝熱効率を改善している。

- 10 また、処理容器 2 の天井部には、上記下側電極部 4 と対向させて上側電極部 18 が設けられている。この上側電極部 18 内にも、シースヒータのような加熱ヒータ部 20 が、アルミニウム等により鋳込むことにより埋設されている。そして、この上側電極部 18 に、プラズマ発生用の高周波電圧を印加するための高周波電源 22 が接続されており、この上側電極部 18 と下側電極部 4 との間にプラズマ
- 15 を発生させてウエハ W に対して所定の処理を施すようになっている。

ところで、半導体ウエハの処理温度が比較的低い場合、例えば処理温度が略 200℃ 以下の場合には、処理容器 2 内に設けられる部材への処理温度の影響は大きくない。しかし、例えば成膜処理において、成膜速度を上げるためや膜質の改善のために、下層の素子や構造等が熱的ダメージを受けない範囲で処理温度を、

- 20 200℃ 以上、例えば 350～500℃ 程度まで上昇させる場合がある。

このような高温域になると、伝熱空間 14 を封止しているリング等のシール部材 16 が熱劣化してシール性が損なわれ、封入ガスが漏出するという問題があった。シール部材 16 のシール性が損なわれると、伝熱空間 14 に封止されていた不活性ガスが処理容器 2 内へ流出して伝熱効率が劣化する。その結果、ウエハ

25 W の温度コントロールの精度が劣化したり、或いは、例えば成膜処理において、伝熱ガスにより処理容器 2 内の成膜ガスが希釈化されてしまう。この問題を防止するためには、成膜ガスの流量を化学量論比以上に増大させなければならず、成膜ガスの消費量が增大するという問題もあった。

また、高温になる伝熱空間 14 に圧力センサを設けることはできないことから、伝熱空間 14 内への伝熱ガスの供給圧力は供給源側でモニタし、供給圧力が適正になるように制御している。しかし、このような構成では、制御対象領域の圧力を直接検出していないので、ガス圧の制御性が劣らざるを得なかった。

- 5 尚、本発明者は、特開平 6-232082 号公報において、低温状態で処理する際のシール構造を提案したが、これは例えば液体窒素を使用して冷却する霊薬装置のような超低温環境下におけるシール構造である。

発明の開示

- 10 本発明は、上述の問題を解決した改良された有用なプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

本発明のより具体的な目的は、200℃以上の高温域においてもシール性が劣化せずに伝熱ガスが漏れることの少ないプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

- 15 本発明の他の目的は、内部に介在される絶縁体の変形を抑制し、また、相手部材と均等に接触できるようにし、もって被処理体の温度分布の面内均一性を改善することができるプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

- 20 また、本発明の他の目的は、耐熱性メタルシール部材の表面、或いはこのシール部材が接触する相手部材の接触面にプロセス温度にて軟化する低融点材料の軟化金属膜或いは軟化金属層を形成することにより、リークパスの発生を大幅に抑制することが可能なプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

- 25 また、本発明の他の目的は、耐熱性メタルシール部材の露出部全表面にフッ化不動体膜を形成することにより、フッ化ガスに対する耐腐食性を向上させることが可能なプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、電熱空間を画成する部材の表面粗さを所定の値以下に設定して熱伝達性を向上させることにより、被処理体の温度コントロール性

の向上が可能なプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

- また、本発明の他の目的は、温度が高くなる傾向にある電極部や載置台の中心部の脱熱を、気体ブローにより或いは電極部や載置台を支持する支柱を冷却することにより促進させることによって、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることが可能なプラズマ処理装置の電極構造及び載置台構造を提供することにある。

- 上述の目的を達成するために、本発明の一つの面によれば、真空引き可能になされた処理容器内でプラズマを用いて被処理体に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、加熱ヒータ部を内部に有する電極部と、この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記電極部と前記冷却ブロックとの間に形成された電極側伝熱空間をシールするための耐熱性メタルシール部材と、前記電極側伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段とを備える電極構造が提供される。
- 15 このように、耐熱性メタルシール部材を用いることにより、200℃以上、例えば350～500℃程度的高温域においても電極側伝熱空間のシール性を高く維持することが可能となる。

- また、本発明の他の面によれば、真空引き可能になされた処理容器内でプラズマを用いて被処理体に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、加熱ヒータ部を内部に有する電極部と、この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記電極部と前記冷却ブロックとの接合対向面のうちの少なくとも一方に同心円状或いは螺旋状に設けられた溝部により形成されたラビリンス伝熱空間と、前記ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段とを備える電極構造が提供される。
- 20 25

このように、電極部と冷却ブロックとの接合面にラビリンス伝熱空間を設けることにより、200℃以上、例えば350～500℃程度的高温域においても前記電極部と前記冷却ブロックとの間に形成される伝熱空間のシール性を高く維持

することが可能となる。

- また、前記電極部と前記冷却ブロックとの間には絶縁体が設けられ、前記伝熱空間は上側空間と下側空間とに分割されることとしてもよい。この場合にも、上側及び下側空間が共に耐熱性メタルシール部材でシールされるので高温域におけるシール性を高く維持することができる。

- 前記絶縁体は、熱伝導度が 80 W/mK 以上の材料より形成されることとしてもよい。これにより、絶縁体のそり量を抑制することができ、この結果、相手部材と均等に接触することから、被処理体の温度分布の面内均一性を改善することが可能となる。前記絶縁体を窒化アルミニウム (AlN) により形成することとしてもよい。

また、前記伝熱空間を画成するために接合される部材の接合面の接触率を、 $40\sim 80\%$ の範囲内に設定することとしてもよい。これにより、熱抵抗を過度に高くすることなく、伝熱ガスを面内に略均一に流すことができるので、被処理体の面内温度分布の均一性を更に改善することが可能となる。

- 更に、前記伝熱空間を画成する部材の表面粗さを $2.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下に設定することとしてもよい。このように、伝熱空間を区画する部材の表面粗さを所定の値以下に設定することにより、熱伝導性を向上させることができ、また、被処理体の温度コントロール性の向上が可能となる。

- また、前記耐熱性メタルシール部材は、内部に低融点材料を封入した断面リング状の耐熱性金属膜よりなることとしてもよい。これによりシール部材の表面のなれ性は高くなり、シール性を一層向上させることが可能となる。前記耐熱性メタルシール部材の表面は、前記被処理体のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜により被覆されていることとしてもよい。これによれば、プロセス時に上記低融点材料が軟化してこのシール部材との接触面の切れ込みが上記軟化した材料により埋め込まれることによってリークパスがなくなり、これにより切れ込みを介して逃げる伝熱ガスを抑制することが可能となる。

また、前記耐熱性メタルシール部材が当接する部材の表面に、前記被処理体のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属層が形成されていること

としてもよい。この場合も、プロセス時に上記低融点材料が軟化してこのシール部材との接触面の切れ込みが上記軟化した材料により埋め込まれることによってリークパスがなくなり、これにより切れ込みを介して逃げる伝熱ガスを抑制することが可能となる。

- 5 また、前記耐熱性メタルシール部材の表面は、フッ素系ガスに対して耐腐食性を有するフッ化不動体膜により被覆されていることとしてもよい。これにより、フッ化ガスに対する耐腐食性を向上させることが可能となる。フッ化不動体膜は、フッ化ニッケルよりなる。

前記加熱ヒータ部は、セラミックヒータにより形成されることとしてもよい。

- 10 また、前記加熱ヒータ部は同心円状にゾーン分割され、分割されたゾーンは個々に制御可能としてもよい。

前記電極部は、前記被処理体の上方に位置する上側電極部とすることもできる。

- また、前記電極部は前記被処理体を載置する載置台を兼ねる下側電極部であり、更に、この下側電極部の上面に接合されて前記被処理体を吸着する静電チャック
15 と、前記静電チャックと前記被処理体との間に形成されるチャック側伝熱空間に伝熱ガスを供給するチャック側伝熱ガス供給手段とを備えることとしてもよい。

- また、前記電極側伝熱空間、前記ラビリンス伝熱空間及び前記チャック側伝熱空間のうちの少なくとも1つの空間内に耐熱圧力センサが設けられており、この耐熱圧力センサの出力に基づいて前記対応する伝熱ガス供給手段のガス供給量を
20 制御するようにしてもよい。これによれば、耐熱圧力センサにより制御対象空間の圧力を直接測定するので、ガス圧の制御性を向上させることができる。

- また、前記電極部の中心は内部が中空状の支柱により支持されており、前記支柱内には前記電極部の裏面中心部に向けて気体を吹き付けて脱熱を促進させる気体ブロウ手段が設けられていることとしてもよい。これによれば、温度が高くな
25 る傾向にある電極部の中心部の脱熱を促進させることができるので、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることが可能となる。

また、前記電極部の中心は支柱により支持されており、この支柱は前記冷却ブロックに熱伝導性部材を介して接続されていることとしてもよい。この場合にも、

載置台の中心部の脱熱を促進することができるので、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることが可能となる。

- また、本発明の他の面によれば、真空引き可能になされた処理容器内で被処理体に対して所定の処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、前記
- 5 被処理体を加熱するための加熱ヒータ部を内部に有する載置台と、この載置台に接合されて内部に前記載置台を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記載置台と前記冷却ブロックとの間に形成される僅かな間隙の伝熱空間をシールするための耐熱性メタルシール部材と、前記伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする載置台構造が提供される。
- 10 このように、耐熱性メタルシール部材を用いることにより、200℃以上、例えば350～500℃程度の高温度域においても前記伝熱空間のシール性を高く維持することが可能となる。

- また、本発明の他の面によれば、真空引き可能になされた処理容器内で被処理体に対して所定の処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、前記被
- 15 処理体を加熱するための加熱ヒータ部を内部に有する載置台と、この載置台に接合されて内部に前記載置台を冷却する冷却ジャケットを有する冷却ブロックと、前記載置台と前記冷却ブロックとの接合対向面のうちの少なくとも一方に同心円状或いは螺旋状に設けられた溝部により形成されたラビリンス伝熱空間と、ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段とを備えたことを特徴とする載置台構造が提供される。
- 20

このように、載置台と冷却ブロックとの接合面にラビリンス伝熱空間を設けることにより、200℃以上、例えば350～500℃程度の高温度域においても前記載置台と前記冷却ブロックとの間に形成される伝熱空間のシール性を高く維持することが可能となる。

- 25 また、本発明の更に別の面によれば、真空引き可能な処理容器と、上述の本発明による電極構造と、この電極構造に高周波電圧を印加する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置が提供される。

更に、本発明の他の面によれば、真空引き可能な処理容器と、本発明による載

置台構造とを備えたことを特徴とする処理装置が提供される。

図面の簡単な説明

- 図 1 は、従来のプラズマ CVD 処理装置の概略構成図である。
- 5 図 2 は、本発明に一実施例に係るプラズマ処理装置の構成図である。
- 図 3 A 乃至 3 E D は、耐熱性メタルシール部材を示す断面図である。
- 図 4 は、本発明による電極構造（下側電極部側）の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。
- 図 5 は、耐熱圧力センサの概略構成図である。
- 10 図 6 は、本発明の電極構造（上側電極部側）の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。
- 図 7 は、絶縁体の温度差による反りを説明するための図である。
- 図 8 は、絶縁体の熱伝導度と反り量との関係を示すグラフである。
- 図 9 A 乃至 9 D は、種々の幅のガス溝を部材の接触面に設けた時の接触率を説明するための図である。
- 15 図 10 は、接触率に対する熱抵抗と温度分布のばらつきとの関係を示すグラフである。
- 図 11 は、下側電極部の下面と下側絶縁体の上面との間に形成される伝熱空間を示す模式図である。
- 20 図 12 は、図 2 に示す電極構造を模式的に示す図である。
- 図 13 は、絶縁体の表面粗さ R_a と熱抵抗との関係を示すグラフである。
- 図 14 は、鏡面仕上げされた電極部の下面と絶縁体の上面とを示す模式図である。
- 図 15 A は耐熱性メタルシール部材の表面に軟化金属膜を形成した状態を示す図であり、図 15 B は図 15 A に示す状態において軟化金属膜が軟化した状態を示す図である。
- 25 図 16 A は耐熱性メタルシール部材が当接する部材の表面に軟化金属層を形成した状態を示す図であり、図 16 B は図 16 A に示す状態において軟化金属膜が

軟化した状態を示す図である。

図 17 A 及び 17 B は、耐熱性メタルシール部材の表面にフッ化不動体膜を形成した状態を示す図である。

図 18 は、支柱内に気体ブロウ手段を設けた状態を示す図である。

5 図 19 は、半導体ウエハの面内温度分布を示すグラフである。

図 20 は、支柱と冷却ブロックとの間を熱伝導性部材で接合した状態を示す図である。

図 21 は、下側電極部の溝部の変形例を示す平面図である。

図 22 A 及び 22 B は、ラビリンス伝熱空間を示す部分拡大断面図である。

10 図 23 は、加熱ヒータ部の変形例を示す図である。

図 24 は、本発明による熱 CVD 処理装置の構成図である。

発明を実施するための最良の実施の形態

以下、図面を参照しながら本発明の一実施例によるプラズマ処理装置について
15 説明する。

図 2 は、本発明に一実施例に係るプラズマ処理装置の構成図である。図 3 A 乃至 3 E D は、耐熱性メタルシール部材を示す断面図である。図 4 は、本発明による電極構造（下側電極部側）の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。図
5 は、耐熱圧力センサの概略構成図である。図 6 は、本発明の電極構造（上側電
20 極部側）の一実施例の伝熱ガスの供給系を示す図である。

図示するように、プラズマ処理装置 24 は、例えばアルミニウムよりなる円筒体状の処理容器 26 を有してゐる。処理容器 26 の中の底部側には、被処理体としての半導体ウエハ W を載置する載置台としても機能する下部の電極構造 28 が設けられる。処理容器 26 の天井部には上部の電極構造 30 が設けられる。

25 処理容器 26 の側部には、半導体ウエハ W を処理容器 26 内へ搬入搬出する際に開閉されるゲートバルブ 32 と、シランや酸素などの成膜ガス等の各種のガスを導入するガスノズル 34 が設けられる。尚、このガスノズル 34 に替えて、上記上部の電極構造 30 の下面に、例えば石英製のシャワーヘッドを設けるように

してもよい。

処理容器 26 の下部側壁には、図示しない真空ポンプ等を含む真空排気系に接続された排気口 36 が設けられており、処理容器 26 内を真空引き可能としている。

- 5 上記下部の電極構造 28 は、載置台としても機能する下側電極部 38 と、下側電極部 38 の下方に配置される冷却ブロック 40 と、下側電極部 38 と冷却ブロック 40 との間に介在されて両者を電氣的に絶縁する下側絶縁体 42 とにより主に構成されている。具体的には、上記下側電極部 38 はアルミニウムよりなる。

- 下側電極部 38 の中には、渦巻状或いは同心円状に巻回されたシースヒータ（加熱ヒータ）44 が鑄込みにより埋め込まれており、ウエハ W を加熱し得るようになっている。そして、下側電極部 38 の上面には、内部にチャック電極を埋め込んだセラミック製の静電チャック 46 がろう付け等により接合されている。被処理体であるウエハ W は静電チャック 46 により吸着されて保持される。そして、下側電極部 38 の下方に延びる導電性の支柱 48 は、容器底部 50 を貫通して延在している。支柱 48 にはリード線 52 を介してマッチング回路 54 及びバイアス用高周波電源 56 が接続されている。支柱 48 には、昇降機構（図示せず）が取り付けられており、支柱 48 を昇降移動する。
- 10 15

- 冷却ブロック 40 は、上記下側電極部 38 と同様にアルミニウムにより構成されており、内部には冷媒を流すための中空リング状の冷却ジャケット 58 が形成されている。そして、この冷却ジャケット 58 に冷媒を流すことにより、上記下側電極部 38 を介してウエハ W を冷却するようになっている。実際には、この冷却ジャケット 58 と加熱ヒータ部 44 とを選択的に、或いは同時に駆動することにより、ウエハ温度を適正值になるように制御する。そして、冷却ブロック 40 の下面と容器底部 50 とは伸縮可能になされたペローズ 60 により接合されており、下部の電極構造 28 に対して、処理容器 26 内の気密性を維持したまま上下移動を許容している。
- 20 25

また、下側電極部 38 と冷却ブロック 40 との間に介在される下側絶縁体 42 は厚さが 20 mm 程度のリング状の石英ガラスよりなる。下側絶縁体 42 は、上

記下側電極部 3 8 より下方へ延びる支柱 4 8 の外周も被っており、支柱 4 8 も絶縁している。

そして、下側電極部 3 8 と下側絶縁体 4 2 及び下側絶縁体 4 2 と冷却ブロック 4 0 は共に上下に接合されるが、これらの間にそれぞれ僅かな間隙の空間、すなわち上側電極側伝熱空間（上側空間） 6 2 と下側電極側伝熱空間（下側空間） 6 4 が形成される。これらの両伝熱空間 6 2、6 4 が存在すると、両伝熱空間 6 2、6 4 は処理容器 2 6 内へ連通していることからプラズマ処理時に両伝熱空間 6 2、6 4 内が真空状態となって上下方向への伝熱効率が低下してしまう。そのために、リング状の両伝熱空間 6 2、6 4 の内周側及び外周側には、それぞれリング状に耐熱性メタルシール部材 6 6 A、6 6 B、6 8 A、6 8 B が介在されており、両伝熱空間 6 2、6 4 の気密性を高く維持している。更に、シール部材 6 6 A、6 6 B、6 8 A、6 8 B の気密性を高く維持しても、僅かにガスが漏れることは避けられないので、両伝熱空間 6 2、6 4 には、それぞれガス供給通路 7 0、7 2 が接続されており、後述するように圧力制御された Ar、He、N₂ 等の不活性ガスより成る伝熱ガス、例えば N₂ ガスが供給されるようになっている。

また、上記したと同様な理由で、プラズマ処理時における下側電極部 3 8 及び静電チャック 4 6 側からウエハ W への伝熱効率を上げるために、静電チャック 4 6 の上面とウエハ W の裏面との間に形成されるチャック側伝熱空間 7 4 にも伝熱ガスを供給する 2 本のガス供給通路 7 6、7 8 が設けられる。この場合、チャック側伝熱空間 7 4 におけるガス拡散速度が遅いので、例えば一方のガス供給通路 7 6 は、静電チャック 4 6 の中心側に供給するために用い、他方のガス供給通路 7 8 は静電チャック 4 6 の周辺側に供給するために用いる。尚、チャック側伝熱空間 7 4 へのガス供給の態様は、これに限定されない。

次に、耐熱性メタルシール部材 6 6 A、6 6 B、6 8 A、6 8 B の構造について図 3 A 乃至 3 E を参照しながら説明する。シール部材 6 6 A、6 6 B、6 8 A、6 8 B の各々の構造は同じなので、シール部材 6 6 A を例にとって説明する。

図 3 A に示す耐熱性メタルシール部材 6 6 A は、ステンレススチール、インコネル（商品名）、ハステロイ（商品名）等の金属よりなる厚さが 0.1 ～ 1.0

mm程度の薄い耐熱性金属膜79を断面円形のリング状に成形して構成されている。この断面の直径L1は3~4mm程度であり、押圧力に対して弾力性を持たせている。

図3Bに示す耐熱性メタルシール部材66A-1は、図3Aに示す耐熱性金属膜79の断面形状の側面の一部に切り欠き80を設けたものである。切り欠き80は、リング状のシール部材66A-1の周方向に沿って形成されており、シール部材66A-1に弾性を与えている。

図3Cに示す耐熱性メタルシール部材66A-2は、図3Bに示したような断面形状の耐熱性金属膜79の内部の空間部に、ばね用ステンレス鋼等よりなるコイル状もしくは板バネ状のスプリング部材82を挿入したものである。スプリング部材28により押圧された時の弾発力を高めてシール性を向上させるようになっている。

図3Dに示す耐熱性メタルシール部材66A-3は、図3Aに示す断面円形の耐熱性金属膜79の内部に、プロセス温度よりも低い温度で溶融する低融点材料84を封入して表面のならい性を良好にしている。この低融点材料84としては例えば略156.4℃の融点を有するインジウムや略150度の融点を有するハンダ等を用いることができる。この場合、金属膜79の厚さは、弾力性よりもならい性を重視するために非常に薄くしており、例えば1.0μm~500μm程度の厚さに設定される。

図3Eに示す耐熱性メタルシール部材66A-4は、図3Bに示すような一部に切り欠き80を設けたような断面形状の耐熱性金属膜79に更に、内側へ屈曲させた凸部86を設けており、弾力性を高めてシール性を向上するようにしたものである。耐熱性メタルシール部材66A~68Bとしては、上述した構造のいずれを用いることとしてもよい。

次に、図4を参照して電極側伝熱空間62、64及びチャック側伝熱空間74への伝熱ガスの供給系について説明する。図4に示すように、各電極側伝熱空間62、64及びチャック側伝熱空間74へ連通される各ガス供給通路70、72、76、78には、それぞれマスフローコントローラのような流量制御機器88A

～８８Ｄが設けられている。各ガス供給通路７０、７２、７６、７８は、伝熱ガス源であるＮ２ガス源９０、９２に接続されており、それぞれ電極側伝熱ガス供給手段９４とチャック側伝熱ガス供給手段９６を構成している。尚、Ｎ２ガス源９０、９２は共用してもよい。

- ５ そして、各流量制御機器８８Ａ～８８Ｄは、各伝熱空間６２、６４、７４に設けられる耐熱圧力センサ９８Ａ～９８Ｄの検出値に基づいて、制御部１００により制御される。具体的には、各ガス供給通路７０、７２、７６、７８のガス出口７０Ａ、７２Ａ、７６Ａ、７８Ａの近傍に上記各耐熱圧力センサ９８Ａ～９８Ｄが設けられており、対応する空間部分の圧力を検出するようになっている。尚、
- １０ 図４中の６６Ｃ～６６Ｇは上述したと同様な構造の耐熱性メタルシール部材であり、各ガス供給通路をシールしている。ここで上記各耐熱圧力センサ９８Ａ～９８Ｄは、全て同様な構造となっており、このセンサ構造をセンサ９８Ａを例にとって図５を参照しながら説明する。

- 図５に示すように、耐熱圧力センサ９８Ａが取り付けられるベースとして下側
- １５ 絶縁体４２の表面に凹部１０２が形成される。凹部１０２の開口部分を屈曲可能なセラミック板、或いは金属板よりなるベース板１０４により覆い、ろう材１０６等により気密に接合する。この際、凹部１０２内を所定の圧力（例えば大気圧程度）としておく。ベース板１０４の表面には、予め、例えばニッケルとクロムの合金等よりなる抵抗パターン１０８が、ベース板１０４に対して絶縁状態（ベ
- ２０ ースが金属の場合）で形成されており、ベース板１０４の屈曲変形（図中、一点鎖線で示す）に従って、この抵抗パターン１０８も伸縮して抵抗変化が生ずるようになっている。そして、この伸縮に伴う微少な抵抗変化をリード線１１０を介して制御部１００にて電氣的に検出するようになっている。この微少な抵抗変化は、例えばホイートストンブリッジ回路を用いて検出すればよい。尚、この場
- ２５ 合、制御部１００には、図示しない温度補償回路を設けて、温度変化に伴って発生する抵抗パターン１０８の抵抗変化をキャンセルするようになっている。また、耐熱圧力センサ９８Ａの構成は、本発明装置のプロセス温度に耐え得るならば、上述したような構成に限定されない。

次に、図2に戻って、上部の電極構造30について説明する。この上部電極構造30の基本的構造は、上述した下部の電極構造28と同じである。すなわち、この上部の電極構造30は、上側電極部110と、上側電極部110の上方に配置される冷却ブロック112と、上側電極部110と冷却ブロック112との間に介在されて両者を電氣的に絶縁する上側絶縁体114とにより主に構成されている。具体的には、上側電極部110は、アルミニウムにより形成されている。上側電極部110の中には、先に説明した下側電極部38内の加熱ヒータ部44と同じ構造の渦巻状或いは同心円状に巻回された加熱ヒータ部116が埋め込まれている。そして、この上側電極部114の上方に延びる導電性の支柱118は、

10 容器天井部を貫通して延在している。支柱118には、リード線120を介してマッチング回路122及びプラズマ発生用の高周波電圧を印加するプラズマ発生用高周波電源124が接続されており、処理空間にプラズマを発生させる構成となっている。

冷却ブロック112は、下側電極部38と同様にアルミニウムにより構成されている。冷却ブロック112の内部には冷媒を流すための中空リング状の冷却ジャケット126が形成されている。そして、この冷却ジャケット126に冷媒を流すことにより、上記上側電極部110を冷却してこれを一定温度、例えば下側電極部38と同じ温度に保つようになっている。実際には、この冷却ジャケット126と加熱ヒータ部116とを選択的に、或いは同時に駆動することにより、

15 上部電極温度を適正值になるように制御している。このように、上側電極部110の温度制御を行なう理由は、上側電極部110が昇温してウエハまたは下側電極部38より高温になると、両者間で熱輻射が起こり、熱変動の原因となるからである。

また、上側電極部110と冷却ブロック112との間に介在される上側絶縁体114は厚さが20mm程度のリング状の石英ガラスよりなる。上側絶縁体114は、上記上側電極部110より上方へ延びる支柱118の外周も被っており、この支柱118も絶縁している。

上側電極部110と上側絶縁体114及び上側絶縁体114と冷却ブロック1

1 2は共に上下に接合されるが、これらの間にそれぞれ僅かな間隙の空間、すな
わち上側電極側伝熱空間（上側空間）1 2 8と下側電極側伝熱空間（下側空間）
1 3 0が形成される。そのために、下部の電極構造2 8の場合と同様に、リング
状の両伝熱空間1 2 8、1 3 0の内周側及び外周側には、それぞれリング状に耐
5 熱性メタルシール部材1 3 2 A、1 3 2 B、1 3 4 A、1 3 4 Bが介在されてお
り、両伝熱空間1 2 8、1 3 0の気密性を高く維持している。更に、両伝熱空間
1 2 8、1 3 0には、それぞれガス供給通路1 3 6、1 3 8が接続されており、
以下に説明するように圧力制御されたAr、He、N₂等の不活性ガスより成る
伝熱ガス、例えばN₂ガスを供給できるようになっている。すなわち、図6に示
10 すように、各電極側伝熱空間1 2 8、1 3 0へ連通される各ガス供給通路1 3 6、
1 3 8には、それぞれマスフローコントローラのような流量制御機器8 8 E、8
8 Fが設けられて伝熱ガス源であるN₂ガス源1 4 0に接続されており、電極側
伝熱ガス供給手段1 4 2を構成している。

そして、各流量制御機器8 8 E、8 8 Fは、各伝熱空間1 2 8、1 3 0に設け
15 られる耐熱圧力センサ9 8 E、9 8 Fの検出値に基づいて、制御部1 4 4により
制御される。尚、この制御部1 4 4は先の制御部1 0 0と共用してもよい。具体
的には、各ガス供給通路1 3 6、1 3 8のガス出口1 3 6 A、1 3 8 Aの近傍に
上記各耐熱圧力センサ9 8 E、9 8 Fは設けられており、対応する空間部分の圧
力を検出するようになっている。これらの各センサ9 8 E、9 8 Fの構成は、先
20 に図5において説明したと構成と同様である。

次に、以上のように構成されたプラズマ処理装置の動作について説明する。

まず、下部の電極構造2 8を、所定の搬出搬入位置まで下方へ降下させた状態
で、開放状態とされているゲートバルブ3 2を介して半導体ウエハWを処理容器
2 6内へ搬入する。そして、ウエハWを載置台を兼ねるプリヒートされた下側電
25 極部3 8の上面に載置し、静電チャック4 6によりウエハWを吸着保持する。こ
こで下部電極部3 8や上部電極部1 1 0は、スループットを向上させるために、
予め約3 5 0～5 0 0℃に予備加熱されている。

そして、この状態で下部の電極構造2 8を所定のプロセス位置まで上昇させる。

これと同時に、下側電極部 38 の加熱ヒータ部 44 及び上側電極部 110 の加熱ヒータ部 116 への供給電力を大きくして、ウエハ W を所定のプロセス温度、例えば 500℃ 程度まで昇温する。尚、予めプロセス温度まで加熱されている場合は、昇温は不要である。そして、ガスノズル 34 から所定の成膜ガス、例えば S
5 iH_4 、 SiF_4 、 O_2 等を処理空間に供給する。そして、真空ポンプ(図示せず)を駆動して処理容器 26 内の雰囲気気を、排気口 36 から真空引きして処理容器 26 内の圧力を所定のプロセス圧力に維持する。

そして、プラズマ発生用高周波電源 124 から例えば 13.56 MHz のプラズマ発生用の高周波電圧を上側電極部 110 に印加する。これと同時に、バイア
10 ス用高周波電源 56 から下側電極部 38 にバイアス用の高周波電圧を印加する。これにより、処理空間には、プラズマが生成され、成膜ガスは活性化されて、ウエハ W の表面に例えば SiOF 等の所定の膜が生成される。

このようにして、プラズマ処理が開始されると、このプラズマ自体によってウエハ W 及び上側電極部 110 が次第に加熱される。ウエハ W の過熱を防止するため、各冷却ブロック 40 及び 112 に設けた冷却ジャケット 58、126 に冷媒
15 を流し、これら冷却ジャケット 58、126 と加熱ヒータ部 44、116 を適正に制御してウエハ W の温度がプロセス温度に維持されるようにコントロールする。尚、冷却ジャケット 58、126 の冷媒としては、水或いはガルデン(商品名)等を用いることができる。

20 このような状況下において、ウエハ W の温度コントロール性を維持するために、上記各伝熱空間 62、64、74、128、130 に対応する各ガス供給手段から伝熱ガスとして Ar ガスが供給され、この伝熱空間内を例えば 1.0~2.0 Torr 程度の一定の圧力に維持するようになっている。

ここで、各伝熱空間をシールするために、図 3A 乃至 E に示されたような構造
25 の耐熱性メタルシール部材 66A、66B、68A、68B、132A、132B、134A、134B を用いているので、プロセス温度が 500℃ 程度まで上昇してもシール性を高く維持して処理容器 26 内へ漏れ出る伝熱ガスを抑制することができる。従って、伝熱ガスをそれ程消費することなく高い伝熱効率を維持

しながらウエハWの温度コントロールを精度良く行なうことができる。また、各伝熱空間62、64、74、128、130には、500℃程度の高温にも耐え得るような図5に示したような構成の耐熱圧力センサ98A～98Fが設けられている。耐熱圧力センサ98A～98Fは伝熱空間の圧力を検出し、これが所定の一定値を維持するように伝熱ガスの流量を制御しているので、高い精度でガス圧力をコントロールすることができる。特に、上述のように、圧力制御の対象となる各伝熱空間の圧力を各センサにより直接検出するようになっているので、ガス供給系途中のガス圧を検出して圧力制御した従来方法とは異なり、応答の速い、且つより精度の高い圧力制御を行なうことができる。

10 特に、静電チャック46の表面のウエハWに位置ずれが生じたり、ゴミを挟み込んだりしてウエハWが適正に載置されていない場合には、伝熱ガスを供給してもこの部分のチャック側伝熱空間74の圧力は迅速には所定の値まで上昇しない。これにより、この現象を応答速度の速い上記センサ98C（或いは98D）ならば直ちに検出して、ウエハWの載置不良等を認識判別することができる。

15 また、下側絶縁体42或いは上側絶縁体114を設けたことにより、各冷却ジャケット58及び126に流れる冷媒として絶縁性の高くない冷媒（例えば水）を用いる場合でも、この冷媒を介して外部（冷媒の循環器等）に高周波電流が漏れることを防止し、高周波電力をプラズマ生成のために効率良く使用することができる。

20 次に、下側絶縁体42及び上側絶縁体114の材質について図7及び図8を参照しながら説明する。

図7は絶縁体が反った状態を説明するための説明図、図8は絶縁体の熱伝導度と反り量（変形量）との関係を示すグラフである。

図2に示す実施例では絶縁体42、114として単なる石英ガラスを用いている。石英ガラスは熱伝導度が低いので、例えば下側絶縁体42を例にとるとその上面が高温の下側電極部38と接して下面が冷却ブロック40に接することから上面と下面との間で大きな温度差が生じる。この結果、例えば温度差がない時には、図7-(A)に示すように下側絶縁体42は平坦である。しかし、図7-(B)

に示すように、例えば上面が200℃、下面が50℃のように150℃程度の温度差が生ずると、下側絶縁体42は上下面の熱膨張差によって、この場合には下方向へ曲がって反りが生じてしてしまう。この時の反り量は、この絶縁体42を構成する材料の熱伝導率、熱膨張係数、寸法形状等によって決まる。このような反り量が大きいと、上下の両面が上側電極部38や冷却ブロック40と均等に当接せずに偏当たりするようになり、この結果、下側電極部38から熱がその面内均一に脱熱されなくなり、ウエハ温度に偏りが生じてウエハ温度の面内均一性が劣化する傾向となってしまう。

そこで、本実施例では下側絶縁体42として、熱伝導度が良好なものを用いている。すなわち、本実施例で許容される反り量 ΔL を例えば15 μm に設定すると、熱伝導度が80W/mK（メートルケルビン）以上の材料を用いる。このような材料としては、絶縁性がある、熱伝導度が80W/mK以上ならば、どのような材料でもよいが、例えばセラミック材である窒化アルミニウム（AlN）を用いることができる。

図8は絶縁体の熱伝導度と反り量との関係を示すグラフである。図8のグラフから、熱伝導度が80W/mK以上ならば反り量は許容量の15 μm 以下となることが判明する。この時の実験条件は、絶縁体の直径は230mm、厚さは12mm、上面からの入熱は1500Wであった。また、絶縁体の特性に関しては、ヤング率が300GPa、ポアソン比が0.33、熱膨張係数が $5.0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ であった。このように、熱伝導度が高い材料で絶縁体42を形成することにより、上下面間の温度差が少なくなり、結果的にその反り変形量を抑制することが可能となる。この結果、この絶縁体42が上下の部材と偏当たりしなくなるので、ウエハ温度の面内均一性を高く維持することが可能となる。

このような現象は、下側絶縁体42のみならず、上側絶縁体114にも当てはまるので（反り方向は上述とは逆方向となる）、上側絶縁体114も熱伝導度が80W/mK以上の窒化アルミニウムで構成するのが好ましい。

次に、下側絶縁体42及び上側絶縁体114の面構造について、図9A乃至9D及び図10を参照しながら説明する。

図2、図4及び図6においては、理解を容易にするために、各伝熱空間62、64、128、130の幅を実際より大きく示している。実際には各シール部材は凹部状の溝内に設置されている。また、構造物は高さ方向に高い圧力で締め付け固定されているので、上記各伝熱空間の隙間はほとんど生じないが、ミクロ的に見れば、これらの各伝熱空間を区画する各部材の接合面は、不規則な多数の点接触状態となり、その隙間を不規則な経路に沿って伝熱ガスが流れることになる。そのため、上下方向における伝熱効率が場所によって異なるので、ウエハ温度の面内均一性が劣化する傾向となる。

そこで、この実施例では、各伝熱空間62、64、128、130を画成するように上下に接合される接合面に伝熱ガスが流れるガス溝を面内に略均一に設けている。そして、その両接合面が接する接触率を例えば40～80%の範囲内に設定するようにしている。すなわち、例えば下側絶縁体42の上面或いは下面、またはその双方に面内全体に亘ってメッシュ状、或いは格子状に所定の幅のガス溝200（図9A乃至9D参照）を刻んで形成する。したがって、伝熱ガスはこのガス溝200に沿って流れるので、絶縁体42の全面に亘って略均等に伝熱ガスが行き亘ることになる。この結果、絶縁体の略全面において上下方向の伝熱効率が均一となり、ウエハの温度分布の均一性を改善することが可能となる。この場合、接触率が過度に小さくなると、上下方向における熱抵抗が大きくなり過ぎて、ウエハの温度コントロール性が劣化するので、その接触率の下限は上述のように40%程度である。

ここで、最適な接触率を実験で求めたので、その結果について図9A乃至9D及び図10を参照して説明する。図9A乃至9Dは種々の幅のガス溝を部材の接合面に設けた時の各種の接触率を示す図である。図10は接触率に対する熱抵抗と温度分布のばらつきとの関係を示すグラフである。ここで接触率とは絶縁体の表面にガス溝を形成した時のガス溝の形成面積に対する残りの面積の比を表す。図9A乃至9Dにおいては、ガス溝200が形成され絶縁体42の表面の一部が示されており、正方形の部分の部分が接触面となっている。ここで接触面202の一辺とガス溝200の幅の比が7:1の時は、接触率は77%（図8（A）参照）と

なる。上記比が2:1の時は、接触率は44% (図8 (B) 参照) となる。また、上記比が1:2の時は接触率は11% (図8 (C) 参照) となる。さらに、上記比が1:5の時は接触率は2.7% (図8 (D) 参照) となる。尚、ガス溝200を何ら設けない時は、接触率は100%である。

- 5 以上のようにして定まる接触率を種々変更して熱抵抗とウエハ面内の温度分布のばらつき ΔT を調べた結果が図9に示されている。尚、温度分布のばらつきは、ウエハ面内の温度の最高値と最小値の差をとっている。

ここで、プロセスの種類にもよるが、一般的な熱処理では温度分布のばらつきは30℃以内であることが要求される。また、熱抵抗が過度に大きいと、電極からの脱熱(冷却)が円滑に行なわれなくなるので、加熱ヒータのパワーや冷却ブロックの冷媒流量等を制御してもその反応が鈍くなり、ウエハの温度コントロール性が劣化してしまうので、その上限は0.1K/W程度である。従って、両者を満足するには、接触率を40~80%の範囲内に設定する必要があることが判明した。

- 15 このように、本実施例よれば、熱抵抗を過度に高くすることなく伝熱ガスを面内方向に略均一に流すことができるので、ウエハの面内温度分布の均一性を更に改善することが可能となる。

尚、上記ガス溝200は、下側絶縁体42の上面、下面、上側絶縁体114の上面、下面のみならず、これらの各面と対向接触する電極部の面や冷却ブロック
20 の面にも適用できるのは勿論である。

次に、下側絶縁体42及び上側絶縁体114の表面粗さ R_a を規定した例について図11乃至図13を参照しながら説明する。

図2における各伝熱空間62、64、128、130を画成する各部材の表面粗さは、両部材間の実際の接触面積や両部材間の実際の距離に影響を与えるので、
25 これによって、両部材間の伝熱効率、すなわち熱抵抗も影響を受ける。図11はその一例として下側電極部38の下面と下側絶縁体42の上面との間に形成される伝熱空間62の一部をミクロ的に拡大した模式図を示している。図11に示すように、表面粗さに依存して、両部材間の実際の接触面積や実際の距離が変化する。

ることがわかる。

下側電極部 38 の下面と下側絶縁体 42 の上面との間に形成される伝熱空間 62 が大きいと、下側電極部 38 の下面と下側絶縁体 42 の上面との間の熱抵抗も大きくなる。熱抵抗が大きくなると、電極部 38 からの脱熱（冷却）が円滑に行われなくなり、ウエハ温度のコントロール性が低下する恐れがある。

これを図 12 を参照して説明する。図 12 は図 2 に示す電極構造 28 を模式的に示した図である。図 12 において、プラズマ等によりウエハ W には Q_w の熱量が入り、また、加熱ヒータ部 44 からは最大 P_w の熱量を投入できるものとする。そして、冷却ブロック 40 では熱量 X_w の脱熱（冷却）を行なっているものと仮定する。ここで、絶縁体 42 の上下の境界部分（伝熱空間）における熱抵抗が大きいと、脱熱の熱量 X_w を大きく取れなくなることから電極部 38 に大きな熱量が貯まってくる。したがって、加熱ヒータ部 44 の出力パワーを抑制しなければならず、このため、ウエハ W を適正なプロセス温度に維持するための温度コントロール性が劣化してしまう。

そこで、本実施例では、絶縁体 42 の上下の境界部分の表面粗さ R_a を $2.0 \mu\text{m}$ 以下に設定することにより、熱抵抗を 0.1 K/W 以下になるように設定している。このように、熱抵抗が 0.1 K/W よりも小さくなると、図 11 において脱熱のための熱量 X_w を大きくすることができるので、その分、加熱ヒータ部 44 に大きな電力を投入でき、従って、ウエハ温度をコントロール性良く制御することが可能となる。

ここで、図 13 を参照して熱抵抗及び表面粗さの各上限値について説明する。図 13 は絶縁体の表面粗さ R_a と熱抵抗との関係を示すグラフである。このグラフから明らかなように、表面粗さ R_a が大きくなる程、熱抵抗も大きくなっている。従来の電極構造では、加熱ヒータ部 44 のパワーや冷却ブロック 40 の冷却量を考慮すると、脱熱の熱量は少なくとも 5 W (ワット) / cm^2 以上必要であり、この時の熱抵抗は略 0.1 K/W である。従って、表面粗さ R_a は、グラフより略 $2.0 \mu\text{m}$ 以下に設定すればよいことがわかる。

上記絶縁体 42 の表面粗さ R_a については、上部の電極構造 30 の上側絶縁体

1 1 4 (図2参照)についても同様に適用できるのは勿論である。

次に、耐熱性メタルシール部材のシール性向上のための変形例について、図1 4乃至図1 6を参照して説明する。

5 一般に、絶縁体や電極部や冷却ブロックの表面は、相互間の接触性を良好にするためにラップ加熱等により鏡面仕上げされて高い平滑状態となっている。図1 4は鏡面仕上げされた電極部の下面と絶縁体の上面とを模式的に示しており、両面の凹凸は非常に少なくなっている。しかしながら、石英ガラスやセラミック材よりなる絶縁体4 2の表面には、鏡面加工時に脱粒が発生して微小な切れ込み2 0 4が生ずる場合がある。この切れ込み2 0 4はアルミニウム製の電極部3 8側
10 に発生する場合もある。

そして、このような脱粒による切れ込み2 0 4が発生すると、耐熱性メタルシール部材6 6 Aを介在させていても、この切れ込み2 0 4がリークパスとなってここより伝熱ガスが漏れ出てしまう場合がある。

そこで、本実施例では、耐熱性メタルシール部材の表面、或いは耐熱性メタル
15 部材が当接する部材の表面に、ウエハのプロセス温度の近傍にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜、或いは軟化金属層を形成している。

図1 5 Aは耐熱性メタルシール部材6 6 Aの表面に軟化金属膜2 0 6を形成した状態を示し、図1 5 Bは軟化金属膜2 0 6が軟化した状態を示す。また、図1 6 Aは耐熱性メタルシール部材6 6 Aが当接する部材の表面に、すなわち、こ
20 ころでは電極部3 8の下面及び絶縁体4 2の表面に軟化金属層2 0 8をそれぞれ形成した状態を示し、図1 6 Bは軟化金属層2 0 8が軟化した状態を示している。軟化金属層2 0 8は、シール部材6 6 Aに沿ってリング状に形成されていることになる。この軟化金属膜2 0 6及び軟化金属層2 0 8は、図3 Dを参照して説明したように、インジウムを用いることができるが、これに限定されるものではない。

25 このように、軟化金属膜2 0 6或いは軟化金属層2 0 8を用いることにより、ウエハのプロセス中にこの材料が軟化して上記切れ込み2 0 4に進入してこれを埋め込むことができる(図1 4 (B)及び図1 5 (B)参照)。これにより、リークパスがなくなり、伝熱ガスが外部に漏れ出ることを防止することが可能とな

る。

図15においては、軟化金属層208、208をシール部材66Bが当接する上下両面に設けているが、切れ込み204が発生する頻度が高い絶縁体42側のみに設けるようにしてもよい。また、図14に示す構造と、図15に示す構造と
5 を組み合わせて用いるようにしてもよい。

次に、耐熱性メタルシール部材のフッ化ガスに対する耐腐食性を向上するための変形例について図17A及び17Bを参照しながら説明する。

この種の処理装置では、プロセス時、エッチング時或いはクリーニング時に、腐食性の強いフッ素系ガスを用いて処理を行なう場合がある。このような場合、
10 フッ素系ガスが耐熱性メタルシール部材に接触すると、これを腐食させるおそれがある。

そこで、本実施例ではこの腐食を防止するために、図17A及び17Bに示すように耐熱性メタルシール部材の表面に、フッ素系ガスに対して耐腐食性の高いフッ化不動体膜210を形成している。図17Aに示す耐熱性メタルシール部材
15 では、断面円形の耐熱性メタルシール部材66A（図3Aと同じもの）の表面全体にフッ化不動体膜210を形成している。また、図17Bに示す耐熱性メタルシール部材は、一部が開放された断面円弧状の耐熱性メタルシール部材66A-1（図3Bと同じもの）であり、表側の表面と裏側の表面全体に、すなわち、フッ素系ガスと接触する可能性のある露出面全体に対してフッ化不動体膜210を形
20 成している。先の図3C～図3Eに示すシール部材66A-2、66A-3、66A-4の場合にも外側の表面のみならず、内側の表面全体にフッ化不動体膜210を形成する。

これにより、このメタルシール部材66Aがフッ素系ガスにより腐食されることが防止され、この耐腐食性を向上することができる。尚、このフッ化不動体膜
25 210の形成については、他の全てのメタルシール部材66B、132A、132B（図2参照）にも適用できるの。

次に、電極部38を支える支柱48の部分を改良してウエハ温度の面内均一性を向上させるための変形例について図18乃至図20を参照しながら説明する。

図2に示すように下側電極部38を支持する直径4～5cm程度の支柱48は内部が中空となっており、この内部は大気開放されていてもよく、或いは密閉状態とされていてもよい。いずれにしても、支柱48が接続される下側電極部38の中心部近傍は、冷却ブロック40が直下に位置していないので脱熱性が劣る。

- 5 このため、下側電極部38の中心部近傍の温度は、その周辺部と比較して少し高目になる傾向となり、ウエハ温度の面内均一性を劣化させる原因となっている。

そこで、本実施例では、この部分の脱熱を促進させるための気体ブロウ手段を設けている。図18は支柱内に気体ブロウ手段を設けた状態を示す図である。図19は半導体ウエハの面内温度分布を示すグラフである。

- 10 図18に示すように、下側電極部38の中心部を支持する中空状の支柱48には、その下方より気体ブロウ手段220として気体噴射ノズル222が挿入されている。気体噴射ノズル222の上端の噴射口224は、電極部38の下面の直下、1cm程度の所に位置されており、電極部38の裏面中心部に、室温程度のN₂ガスや空気などの気体を噴射して、この部分の脱熱（冷却）を促進させるようになっている。
- 15 この噴射された気体は、支柱48の下端の排気ポート226より排出されるようになっている。この噴射ガスの温度は、予めある程度冷却しておいて脱熱効率を向上させるようにしてもよいが、過度に脱熱効率を上げると、電極部38の中心部の温度が低くなり過ぎて好ましくない。

- 図19は冷却ブロウ手段の効果を示すグラフであり、冷却ブロウ手段なしの場合と、冷却ブロウ手段ありの場合（20リットル/minと40リットル/min）とを示している。ここで、冷却ブロウ手段は室温のN₂ガスを噴射している。
- 20 図19示すグラフから明らかなように、冷却ブロウ手段なしの場合は、ウエハ中心の温度は高く周辺部が低くなる。この場合、ウエハ面内の温度差 ΔT は24℃程度にも達していて大きな温度差となる。

- 25 また、冷却ブロウありで気体を40リットル/minの流量を噴射している場合には、逆に脱熱が促進され過ぎてしまってウエハ中心部の温度が低くなる。この場合にも、ウエハ面内の温度差 ΔT は24℃程度にも達していて大きな温度差となる。

これに対して、冷却ブロウ手段ありで気体を20リットル/minの流量を噴射している場合には、ウエハ中心部の温度は適宜に下がる。したがって、ウエハ面内の温度差 ΔT は15℃程度まで小さくなり、ウエハ面内の温度の均一性が良好な結果を示すことがわかった。

- 5 このように、下側電極部38の下面中心部に気体ブロウを吹き付けてこの部分の脱熱を促進させることにより、ウエハ面内の温度均一性を大幅に向上させることが可能となる。

- 10 また、上記実施例では、気体ブロウ手段220を設けて下側電極部38の中心部の脱熱を促進したが、これに代えて、或いはこれと併用して、図20に示すように、支柱48と冷却ブロック40との間に、例えばアルミニウム等の熱伝導性部材230を介在させて両者を接合するようにしてもよい。尚、232はリング等のシール部材であり、処理容器内の気密性を維持している。

- 15 これによれば、下側電極部38の熱がこの支柱48及び熱伝導性部材230を介して冷却ブロック40に伝達される。これにより、図18で説明した場合と同様に、下側電極部38の中心部近傍の脱熱性を高めて、ウエハ温度の面内均一性を高めることが可能となる。

- 20 尚、上記実施例においては、各伝熱空間をシールするために、図3A乃至3Dに示すような耐熱性メタルシール部材を用いたが、これに限定されず、この伝熱空間自体をラビリンス構造として伝熱ガスが容易に逃げないような構造としてもよい。

- 25 この点について、下側電極部38と下側絶縁体42との接合部を例にとって説明する。図21及び図22A及び22Bに示すように下側絶縁体42の下面に、所定のピッチ、例えば数mm程度のピッチで、螺旋状或いは同心円状（図21に示す場合は同心円状）に幅2mmの微少な溝部150を形成する。そして、下側絶縁体42と対向する下側絶縁体42の上面にも、上記凹凸状の溝部150に対応してこれに嵌め込むように凹凸状に微少な溝部152を形成する。そして、これらの表面の溝部150、152を図22Aに示すように互いに嵌め込むことにより、ラビリンス状のラビリンス伝熱空間154を形成する。この場合には、耐

熱性メタルシール部材を用いることなく、このラビリンス伝熱空間 154 に伝熱ガスはある程度封止することができる。

また、図 22B に示すように、いずれか一方の面、図示例では下側電極部 38 のみに溝部 150 を形成し、これに対向する他方の面は、平坦な状態としてもよい。この場合に形成されるラビリンス伝熱空間 154 は、図 22A に示す程のシール性を与えることはできないが、この場合にも伝熱ガスはある程度封止することができる。

また、上記実施例では、各加熱ヒータ部 44、116 をシースヒータで形成したが、これを他のヒータ、例えば抵抗金属をセラミックス内にパターン形成してなるセラミックスヒータ等で構成してもよい。また、ヒータ部 44、116 を連続する一体物として構成するのではなく、図 2,3 に示すように、例えば中心側ヒータ部 44A と外周側ヒータ部 44B とに 2 分割してゾーン毎に個別に温度制御できるようにしてもよい。また、セラミックスヒータの場合には、パターン幅を同心円状或いは渦巻状の途中で大きく、或いは小さくすることによりゾーン毎の発熱量の制御と同様なコントロールを行なうことができる。

更には、本実施例においては、各電極部 38、110 と冷却ブロック 40、112 との間にそれぞれ絶縁体 42、114 を設けたが、この絶縁体 42、114 を設けなくて、各電極部 38、110 とそれぞれの冷却ブロック 40、112 とを直接接合させるようにしてもよい。この場合にも、両接合境界に同様な微少な伝熱空間が発生することになる。尚、この場合には、各電極構造と処理容器 26 との絶縁は、別の箇所で行なう。

また、上記実施例ではプラズマ CVD 処理を例にとって説明したが、プラズマエッチング処理、プラズマスパッタ処理、プラズマアッシング処理及びプラズマを用いない熱 CVD 等にも適用することができる。プラズマを用いない熱 CVD 処理装置に本発明を適用した一例である処理装置が図 24 に示されている。尚、図 24 中、図 2 に示す部分と同一構造の部分には同一符号を付してある。

ここでは、図 2 のガスノズル 34 に代えて、成膜ガス等の処理ガスを処理容器 26 内へ供給するシャワーヘッド部 150 を設けてあり、図 2 中の下部の電極構

造 28 に代えて載置台構造 162 が設けられている。この載置台構造 162 は、
図 2 中の下側電極部 38 と同じ構造の載置台 164 と冷却ブロック 40 とよりなる。
載置台 164 と冷却ブロック 40 の間の伝熱空間 62 に耐熱性メタルシール
部材 66A、66B を介在させている。高周波電源を用いていないので、図 2 に
5 おいて設けられていた下側絶縁体 42 は不要である。この場合にも、図 2 に示した装置と同様な作用効果を発揮することができ、例えば伝熱空間のシール性を高く維持して伝熱ガスをそれ程消費することなく被処理体の温度を精度良く制御する等の効果を発揮することができる。

そして、この高周波電源を用いていない載置台構造 162 及び上記ラビリンス
10 伝熱空間 154 を用いた載置台構造にも、先に図 7 乃至図 20 を参照して説明した各態様の実施例を適用できるのは勿論である。

更に、ここでは被処理体として半導体ウエハを例にとって説明したが、本発明はこれに限定されず、LCD 基板、ガラス基板等にも本発明を適用することができる。

15 以上説明したように、本発明による電極構造、載置台構造、プラズマ処理装置及び処理装置によれば、次のように優れた作用効果を発揮することができる。

本発明の電極構造によれば、200℃以上、例えば 350～500℃程度の高温域においても、伝熱空間のシール性を高く維持して、伝熱ガスをそれ程消費することなく被処理体の温度を精度良く制御することができる。

20 特に、耐熱圧力センサを用いて制御対象の伝熱空間やラビリンス伝熱空間の圧力を直接測定するようにした場合には、迅速に且つより精度の高い圧力制御を行なうことができる。

また、本発明の載置台構造によれば、200℃以上、例えば 350～500℃程度の高温域においても、伝熱空間のシール性を高く維持して、伝熱ガスをそれ
25 程消費することなく被処理体の温度を精度良く制御することができる。

特に、耐熱圧力センサを用いて制御対象の伝熱空間やラビリンス伝熱空間の圧力を直接測定するようにした場合には、迅速に且つより精度の高い圧力制御を行なうことができる。

また、本発明によれば、絶縁体の熱伝導度を 80 W/mK 以上に設定することにより、この変形反り量を抑制して被処理体の温度分布の面内均一性を改善することができる。

5 また、本発明によれば、伝熱空間を区画する接合面の接触率を $40\sim 80\%$ の範囲内に設定することにより、熱抵抗を過度に高くすることなく伝熱ガスを面内に略均一に流すことができるので、被処理体の温度分布の面内均一性を改善することができる。

10 また、本発明によれば、伝熱空間を区画する部材の表面粗さを $2.0\text{ }\mu\text{m}$ 以下に設定することにより、熱伝導性を向上させることができ、被処理体の温度コントロール性を向上させることができる。

また、本実施例によれば、耐熱性メタルシール部材の表面、或いはこれが接触する部材の表面にプロセス温度近傍で軟化する軟化金属膜、或いは軟化金属層を形成することにより、接触面に存在する脱粒等による切れ込みがプロセス時に埋め込まれ、伝熱ガスが逃げるリークパスが発生することを防止することができる。

15 また、本発明によれば、耐熱性メタルシール部材の表面にフッ化不動態膜を形成することにより、このフッ素系ガスに対する耐腐食性を高めることができる。

20 また、本発明によれば、電極部或いは載置台を支える中空状の支柱内から電極部或いは載置台の裏面中心部に気体ブロワを吹き付けることにより、この部分の脱熱を促進させることができ、被処理体の温度分布の面内均一性を向上させることができる。

更に、本発明のプラズマ処理装置によれば、高温域においても、被処理体の温度を精度良く制御してプラズマ処理を行なうことができる。

また、本発明の処理装置によれば、高温域においても、被処理体の温度を精度良く制御して処理を行なうことができる。

25 本発明は具体的に開示された上述の実施例に限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱すること無く様々な改良例及び変形例がなされるであろう。

請求の範囲

1. 真空引き可能になされた処理容器（26）内でプラズマを用いて被処理体（W）に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、
- 5 加熱ヒータ部（44；116）を内部に有する電極部（38；110）と、
 この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケット（58；126）を有する冷却ブロック（40；112）と、
 前記電極部と前記冷却ブロックとの間に形成された電極側伝熱空間（62，64；128，130）をシールするための耐熱性メタルシール部材（66A，66B，68A，68B；132A，132B，134A，134B）と、
10 前記電極側伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段（94；142）と
 を備えたことを特徴とする電極構造。
- 15
2. 真空引き可能になされた処理容器（26）内でプラズマを用いて被処理体（W）に対して所定の処理を行なうプラズマ処理装置に用いられる電極構造において、
- 20 加熱ヒータ部（44；116）を内部に有する電極部（38；110）と、
 この電極部に接合されて内部に前記電極部を冷却する冷却ジャケット（58；126）を有する冷却ブロック（40；112）と、
 前記電極部と前記冷却ブロックとの接合対向面のうちの少なくとも一方に同心円状或いは螺旋状に設けられた溝部（150）により形成されたラビリンス伝熱空間（154）と、
25 前記ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する電極側伝熱ガス供給手段（94；142）と
 を備えたことを特徴とする電極構造。

3. 前記電極部（38；110）と前記冷却ブロック（40；112）との間には絶縁体（42；114）が設けられており、前記伝熱空間（62，64；128，130）は、該絶縁体により上側空間（62，128）と下側空間（64，130）とに分割されていることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

4. 前記絶縁体（42；114）は、熱伝導度が80W/mK以上の材料よりなることを特徴とする請求の範囲第3項記載の電極構造。

10 5. 前記絶縁体は（42；114）、窒化アルミニウム（AlN）よりなることを特徴とする請求の範囲第4項記載の電極構造。

6. 前記伝熱空間（62，64；128，130；154）を画成するために接合される部材の接合面の接触率は、40～80%の範囲内に設定されていることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

15 7. 前記伝熱空間（62，64；128，130；154）を画成する部材の表面粗さは2.0μm以下であることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

20 8. 前記耐熱性メタルシール部材（66A，66B，68A，68B；132A，132B，134A，134B）は、内部に低融点材料（84）を封入した断面リング状の耐熱性金属膜（79）よりなることを特徴とする請求の範囲第1項記載の電極構造。

25 9. 前記耐熱性メタルシール部材（66A，66B，68A，68B；132A，132B，134A，134B）の表面には、前記被処理体（W）のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜（206）が被覆されてい

ることを特徴とする請求の範囲第1項記載の電極構造。

10. 前記耐熱性メタルシール部材(66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B)が当接する部材の表面には、前記被処理体(W)のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属層(208)が形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の電極構造。

11. 前記耐熱性メタルシール部材(66A, 66B, 68A, 68B; 132A, 132B, 134A, 134B)の表面は、フッ素系ガスに対して耐腐食性を有するフッ化不動体膜(210)により被覆されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の電極構造。

12. 前記フッ化不動体膜(210)は、フッ化ニッケルよりなることを特徴とする請求の範囲第1項記載の電極構造。

15

13. 前記加熱ヒータ部(44; 116)は、セラミックヒータよりなることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

14. 前記加熱ヒータ部(44; 116)は同心円状にゾーン分割されており、分割されたゾーンは個々に制御可能であることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

15. 前記電極部(38; 110)は、前記被処理体(W)の上方に位置する上側電極部(110)であることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

25

16. 前記電極部(38; 110)は、前記被処理体(W)を載置する載置台を兼ねる下側電極部(38)であり、更に、この下側電極部の上面に接合され

て前記被処理体(W)を吸着する静電チャック(46)と、前記静電チャックと前記被処理体との間に形成されるチャック側伝熱空間(74)に伝熱ガスを供給するチャック側伝熱ガス供給手段(96)とを備えたことを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

5

17. 前記電極側伝熱空間(62, 64; 128, 130)、前記ラビリンス伝熱空間(154)及び前記チャック側伝熱空間(74)のうちの少なくとも1つの空間には、耐熱圧力センサが設けられており、この耐熱圧力センサの出力に基づいて前記対応する伝熱ガス供給手段のガス供給量を制御するように構成し

10 たことを特徴とする請求の範囲第16項記載の電極構造。

18. 前記電極部(38; 110)の中心は内部が中空状の支柱(48)により支持されており、前記支柱内には前記電極部の裏面中心部に向けて気体を吹き付けて脱熱を促進させる気体ブロウ手段(222)が設けられることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

15

19. 前記電極部(38; 110)の中心は支柱(48)により支持されており、この支柱は熱伝導性部材を介して前記冷却ブロック(40; 112)に接続されていることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載の電極構造。

20

20. 真空引き可能になされた処理容器(26)内で被処理体(W)に対して所定の処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、

前記被処理体を加熱するための加熱ヒータ部(44)を内部に有する載置台(164)と、

25 この載置台に接合されて内部に前記載置台(164)を冷却する冷却ジャケット(58)を有する冷却ブロック(40)と、

前記載置台と前記冷却ブロックとの間に形成される伝熱空間(62)をシールするための耐熱性メタルシール部材(66A, 66B)と、

前記伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段（９４）と
を備えたことを特徴とする載置台構造。

21. 前記耐熱性メタルシール部材（６６Ａ，６６Ｂ，）の表面には、前記
5 被処理体（Ｗ）のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟化金属膜（２
０６）が被覆されていることを特徴とする請求の範囲第２０項記載の電極構造。

22. 前記耐熱性メタルシール部材（６６Ａ，６６Ｂ）が当接する部材の表
面には、前記被処理体（Ｗ）のプロセス温度にて軟化する低融点材料よりなる軟
10 化金属層（２０８）が形成されていることを特徴とする請求の範囲第２０項記載
の電極構造。

23. 前記耐熱性メタルシール部材（６６Ａ，６６Ｂ）の表面は、フッ素系
ガスに対して耐腐食性を有するフッ化不動体膜（２１０）により被覆されている
15 ことを特徴とする請求の範囲第２０項記載の電極構造。

24. 前記フッ化不動体膜（２１０）は、フッ化ニッケルよりなることを特
徴とする請求の範囲第２３項記載の電極構造。

20 25. 真空引き可能になされた処理容器内で被処理体（Ｗ）に対して所定の
処理を行なう処理装置に用いられる載置台構造において、

前記被処理体を加熱するための加熱ヒータ部（４４）を内部に有する載置台（１
６４）と、

この載置台に接合されて内部に前記載置台（１６４）を冷却する冷却ジャケッ
25 ト（５８）を有する冷却ブロックと、

前記載置台と前記冷却ブロックとの接合対向面のうち少なくとも一方に同心円
状或いは螺旋状に設けられる溝部（１５０）により形成されたラビリンス伝熱空
間（１５４）と、

ラビリンス伝熱空間に伝熱ガスを供給する伝熱ガス供給手段（９４）と
を備えたことを特徴とする載置台構造。

26. 前記伝熱空間（１５４）を画成するために接合される部材の接合面の
5 接触率は、４０～８０％の範囲内に設定されていることを特徴とする請求の範囲
第２５項記載の載置台構造。

27. 前記伝熱空間（１５４）を画成する部材の表面粗さは２．０μm以下
であることを特徴とする請求の範囲第２５項又は第２６項記載の載置台構造。

10

28. 前記載置台（１６４）の中心は内部が中空状の支柱（４８）により支
持されており、前記支柱内には前記電極部の裏面中心部に向けて気体を吹き付け
て脱熱を促進させる気体ブロウ手段（２２２）が設けられることを特徴とする請
求の範囲第２５項記載の載置台構造。

15

29. 前記載置台（１６４）の中心は支柱（４８）により支持されており、
この支柱は熱伝導性部材を介して前記冷却ブロック（４０）に接続されているこ
とを特徴とする請求の範囲第２５項記載の載置台構造。

20

30. 真空引き可能な処理容器（２６）と、
請求の範囲第１項乃至第１９項のいずれかに記載した電極構造（２８，３０）
と、

この電極構造に高周波電圧を印加する高周波電源（５６）と
を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

25

31. 真空引き可能な処理容器（２６）と、
請求の範囲第２０項乃至第２９項のいずれかに記載した載置台構造（１６２）
と

を備えたことを特徴とする処理装置。

5

10

15

20

25

FIG. 2

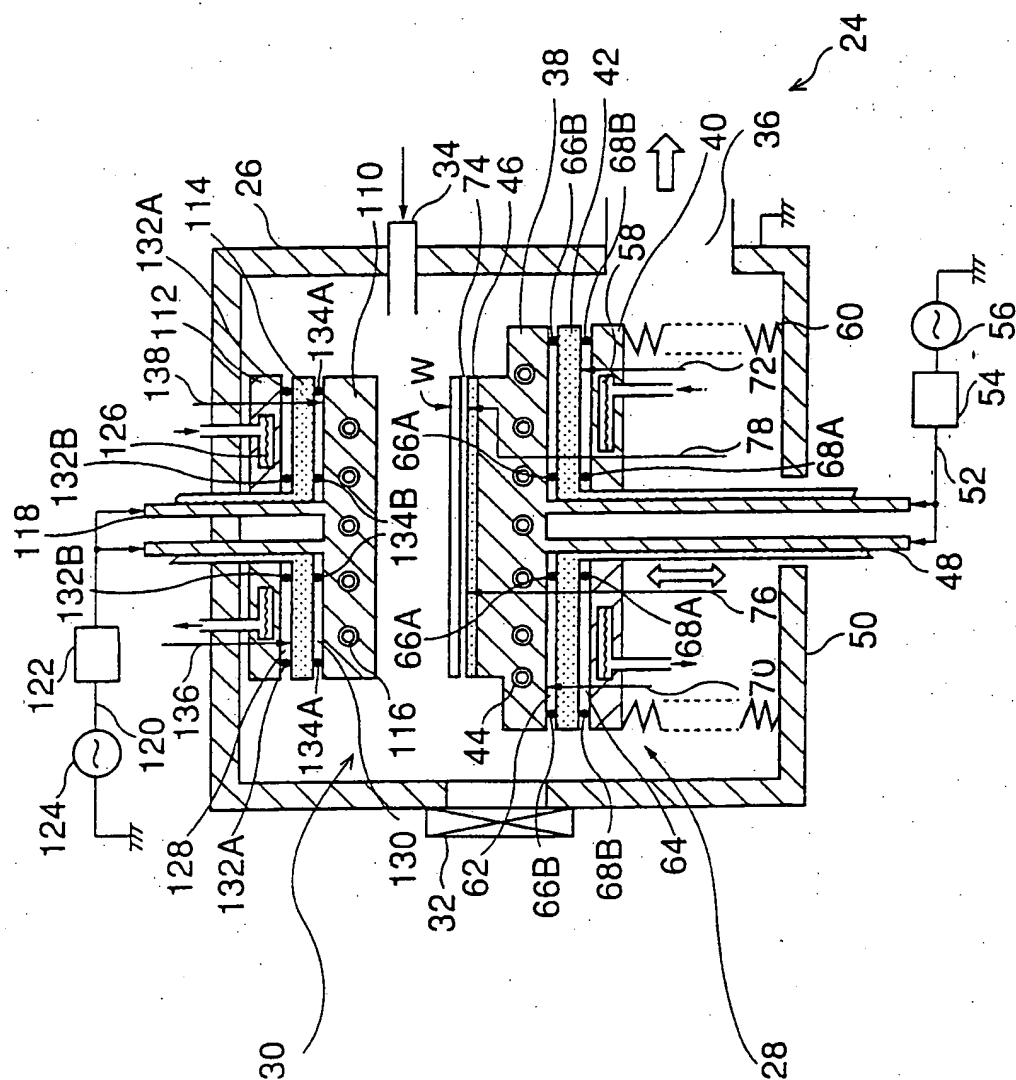


FIG. 3A

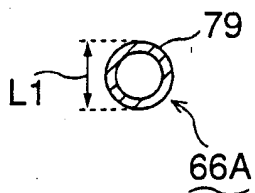


FIG. 3B

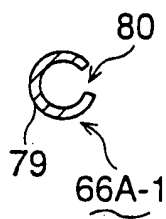


FIG. 3C

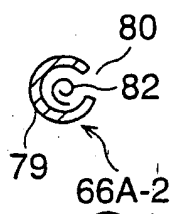


FIG. 3D

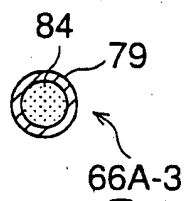


FIG. 3E

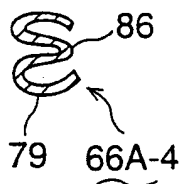


FIG. 4

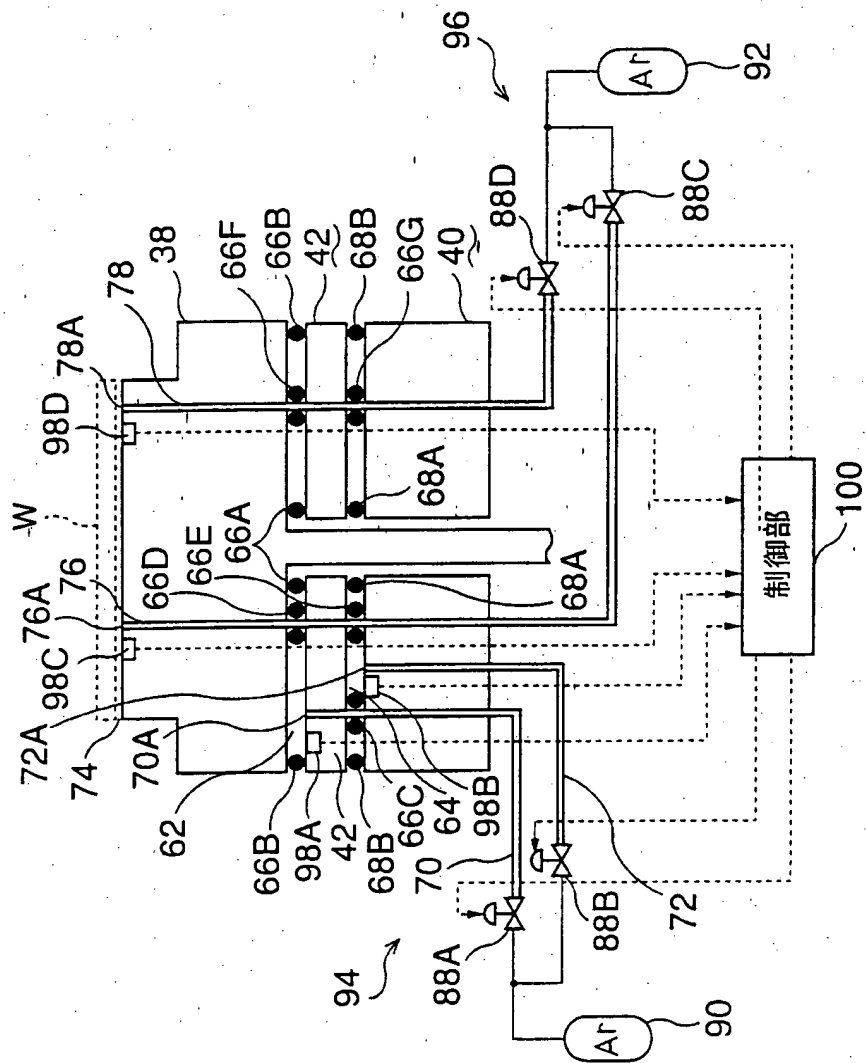


FIG. 5

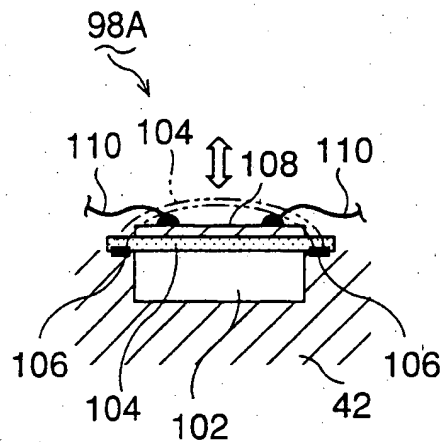


FIG. 6

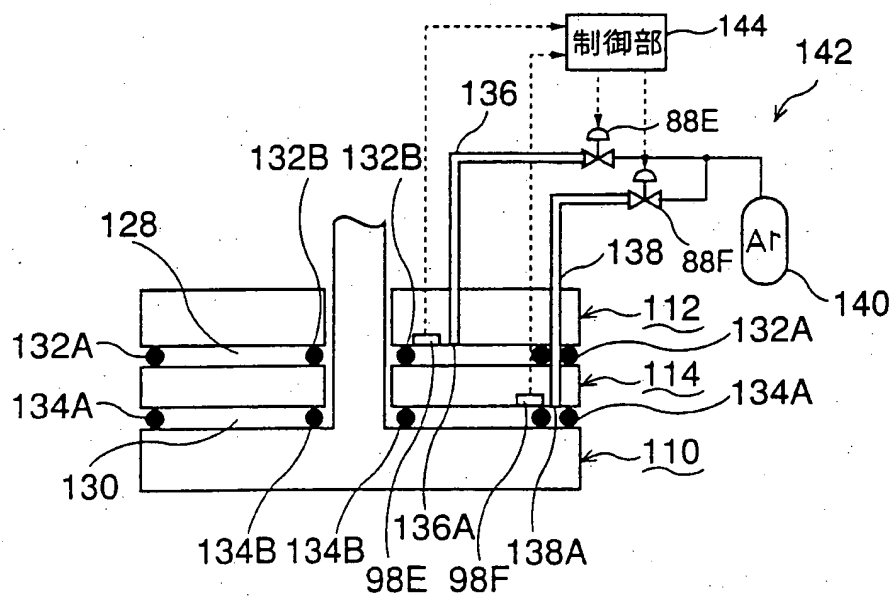


FIG. 7

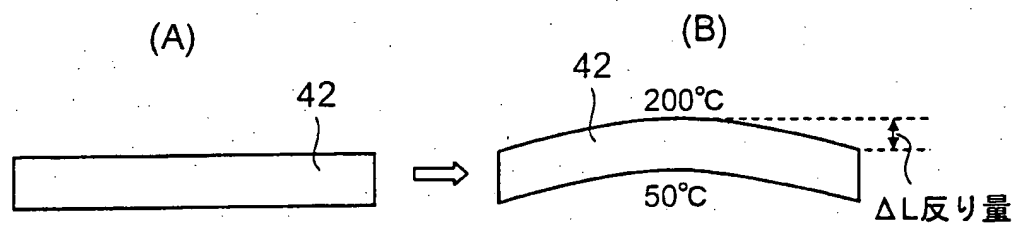


FIG. 8

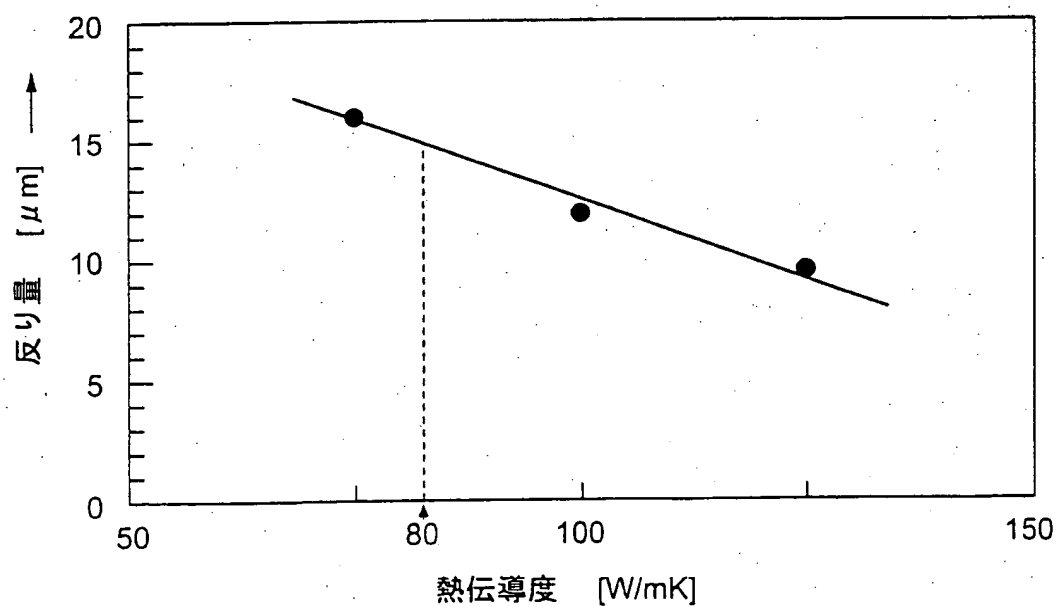


FIG. 9A

FIG. 9B

FIG. 9C

FIG. 9D

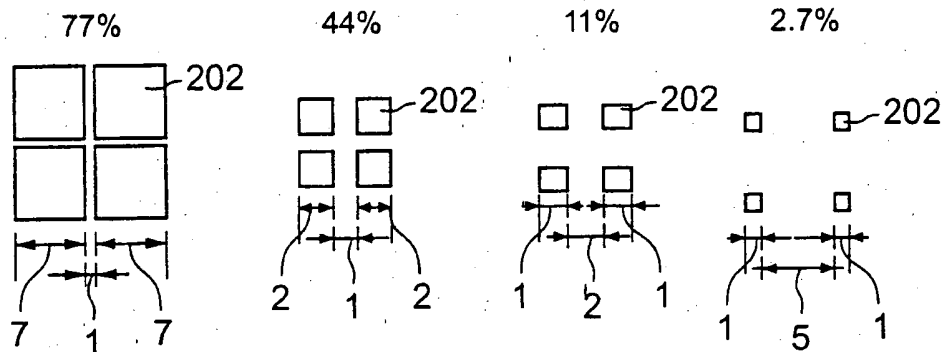


FIG. 10

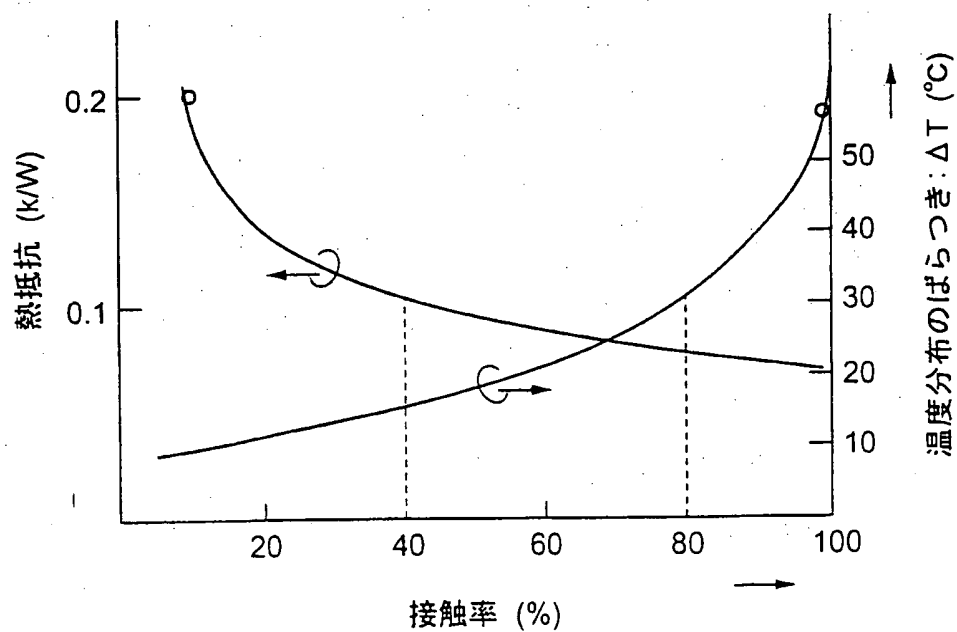


FIG. 11

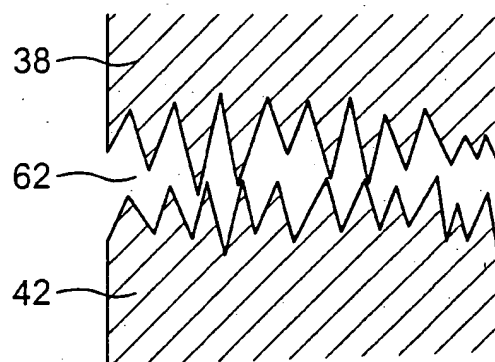
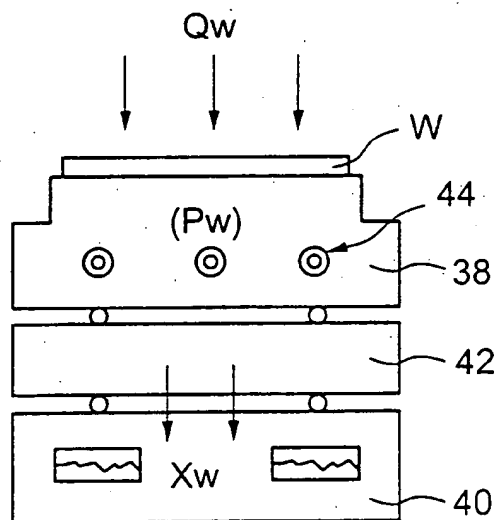


FIG. 12



28

FIG. 13

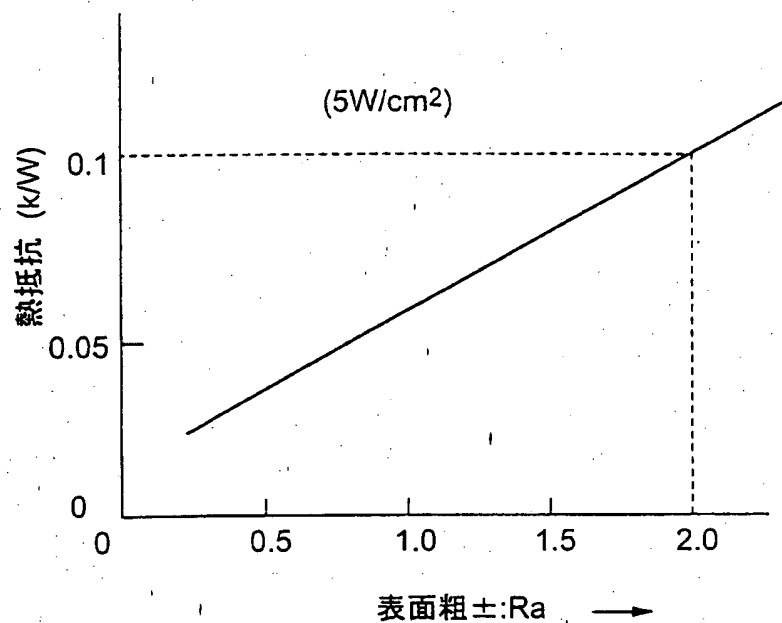
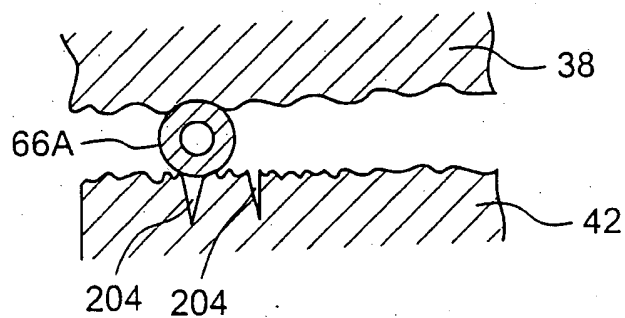


FIG. 14



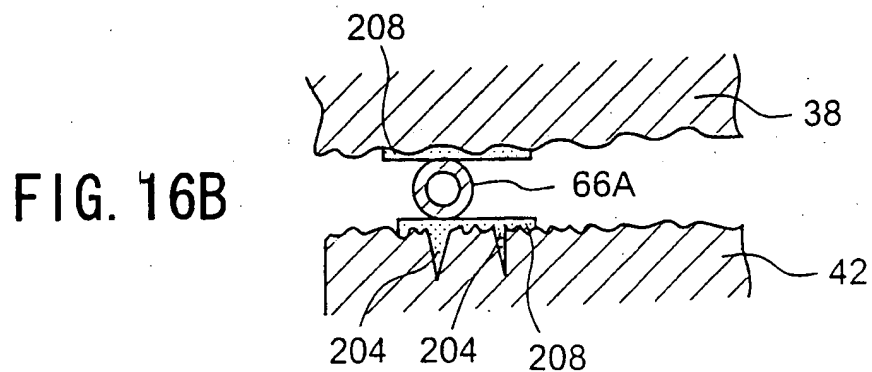
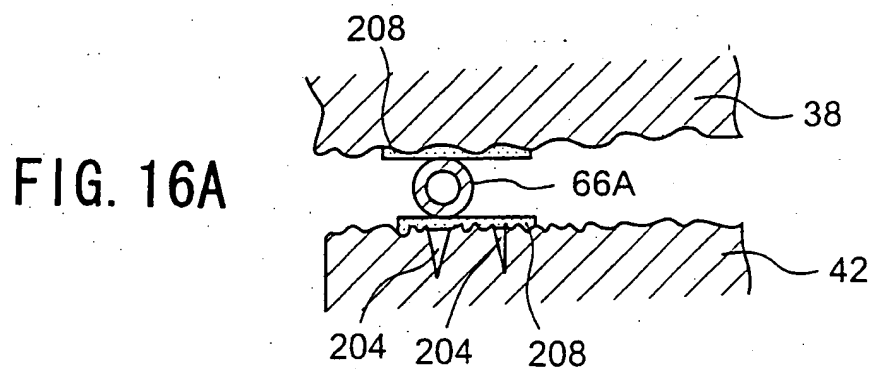
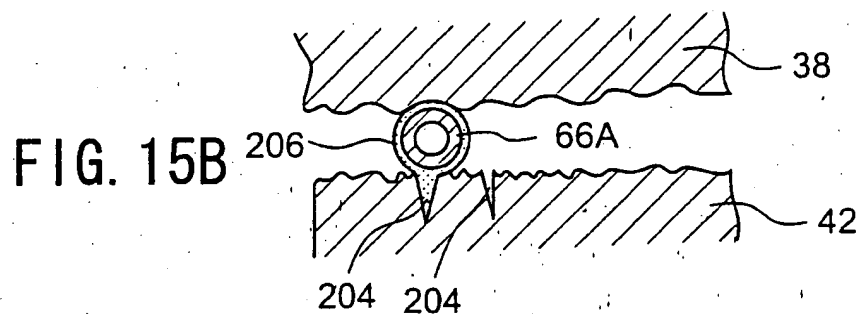
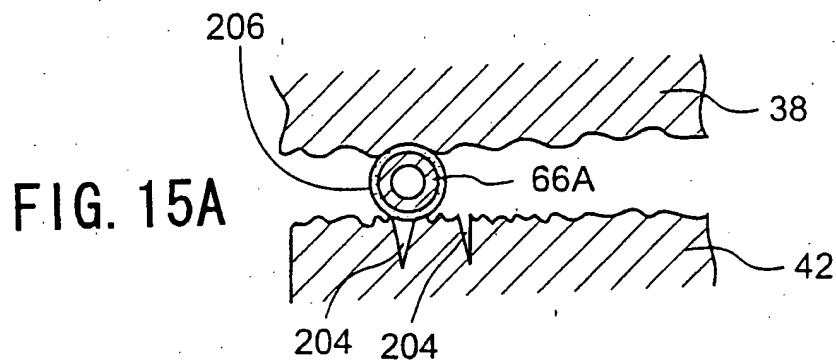


FIG. 17A

FIG. 17B

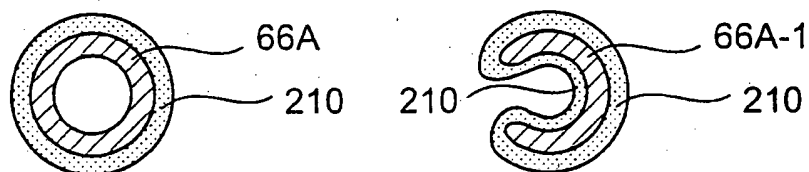


FIG. 18

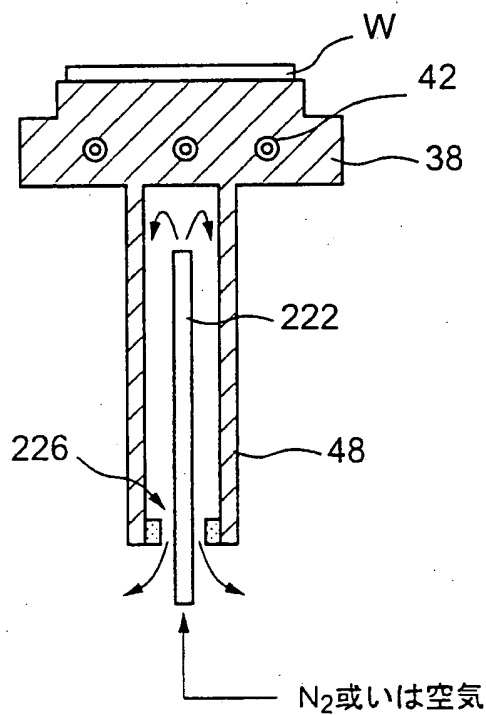


FIG. 19

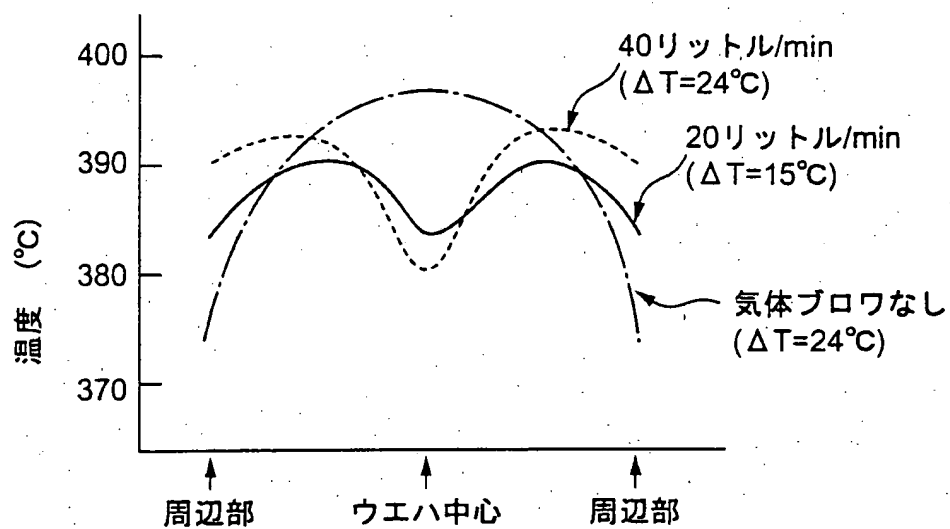


FIG. 20

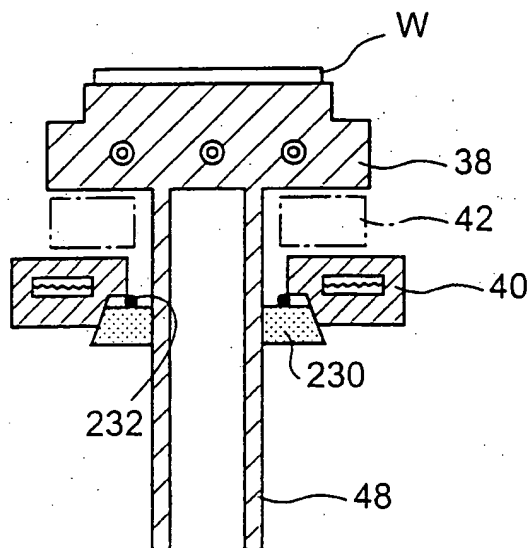


FIG. 21

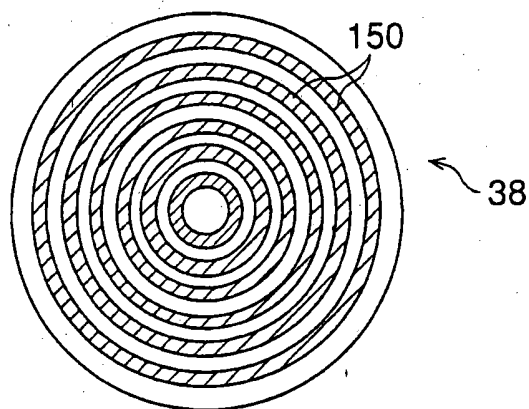


FIG. 22A

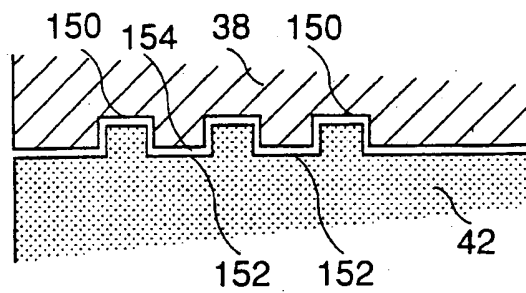


FIG. 22B

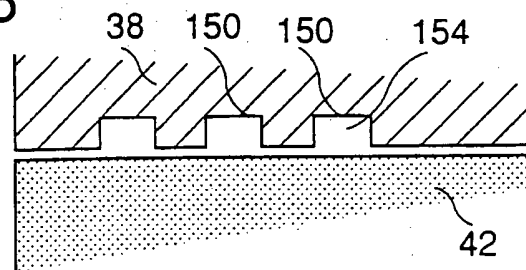


FIG. 23

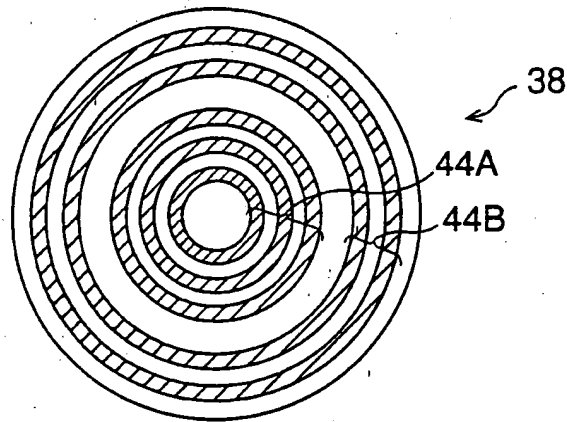
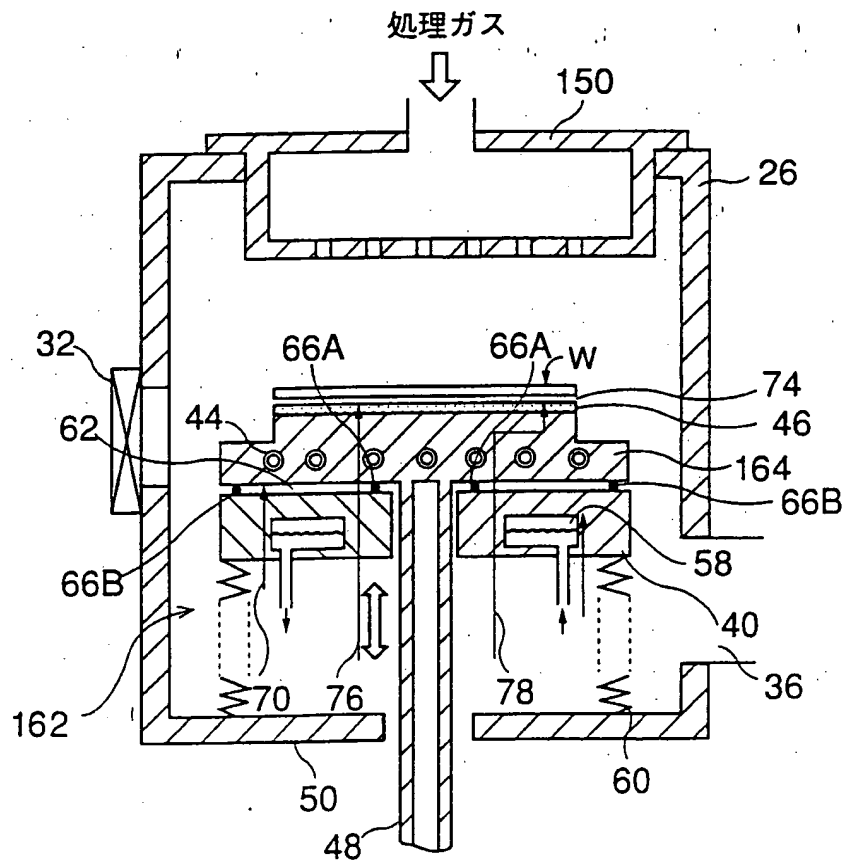


FIG. 24



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04011

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/205, 21/31, 21/3065
C23C16/505

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/205, 21/31, 21/3065
C23C16/505

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-2000 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US, 5567267, A (Tokyo Electron Limited), 22 October, 1996 (22.10.96), Column 4, line 25 to Column 7, line 44; Column 15, lines 43 to 51	25, 27, 31
Y	& JP, 6-163433, A (Tokyo Electron Ltd.), 10 June, 1994 (10.06.94) Par. Nos. [0023] - [0032], [0064]	1, 2, 7, 9, 13-16, 20, 21, 30
A		3-6, 8, 10-12; 17-19, 22-24, 26, 28, 29
Y	US, 5625526, A (Tokyo Electron Limited), 22 October, 1996 (22.10.96), Column 14, lines 34 to 55 & JP, 7-86185, A (Tokyo Electron Ltd.), 31 March, 1995 (31.03.95) Par. No. [0005]	1, 7, 9, 13-16, 20, 21, 30
Y	JP, 5-315262, A (Hitachi, Ltd.), 26 November, 1993 (26.11.93), Fig. 1 (Family: none)	2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing
date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
cited to establish the publication date of another citation or other
special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
means
"P" document published prior to the international filing date but later
than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 September, 2000 (06.09.00)

Date of mailing of the international search report
19 September, 2000 (19.09.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04011

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 6-252055, A (NGK INSULATORS, LTD.), 09 September, 1994 (09.09.94), Claims (Family: none)	13
Y	JP, 9-97830, A (Fuji Electric Co., Ltd.), 08 April, 1997 (08.04.97), Fig. 9 (Family: none)	15

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP00/04011

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. ⁷ H01L21/205, 21/31, 21/3065 C23C16/505			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. ⁷ H01L21/205, 21/31, 21/3065 C23C16/505			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 日本国実用新案公報 日本国公開実用新案公報 日本国登録実用新案公報 </div> <div> 1926-2000 1971-2000 1994-2000 </div> </div>			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X	US, 5567267, A (Tokyo Electron Limited)	25, 27, 31	
Y	22. 10月. 1996 (22. 10. 96) 第4欄第25行-第7欄第44行, 第15欄第43-51行 & JP, 6-163433, A (東京エレクトロン株式会社) 10. 6月. 1994 (10. 06. 94) 段落番号【0023】-【0032】, 段落番号【0064】	1, 2, 7, 9, 13-16, 20, 21, 30	
A		3-6, 8, 10-12, 17-19, 22-24, 26, 28, 29	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 06. 09. 00		国際調査報告の発送日 19.09.00	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 松本 貢 印 4R 7920 電話番号 03-3581-1101 内線 6413	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US, 5 6 2 5 5 2 6, A (Tokyo Electron Limited) 29. 4 月. 1997 (29. 04. 97) 第14欄第34-55行 & J P, 7-86185, A (東京エレクトロン株式会社) 31. 3 月. 1995 (31. 03. 95) 段落番号【0005】	1, 7, 9, 13- 16, 20, 21, 30
Y	J P, 5-315262, A (株式会社日立製作所) 26. 11 月. 1993 (26. 11. 93) 図1 (ファミリーなし)	2
Y	J P, 6-252055, A (日本碍子株式会社) 9. 9月. 19 94 (09. 09. 94) 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	13
Y	J P, 9-97830, A (富士電機株式会社) 8. 4月. 199 7 (08. 04. 97) 図9 (ファミリーなし)	15

THIS PAGE BLANK (USPTO)